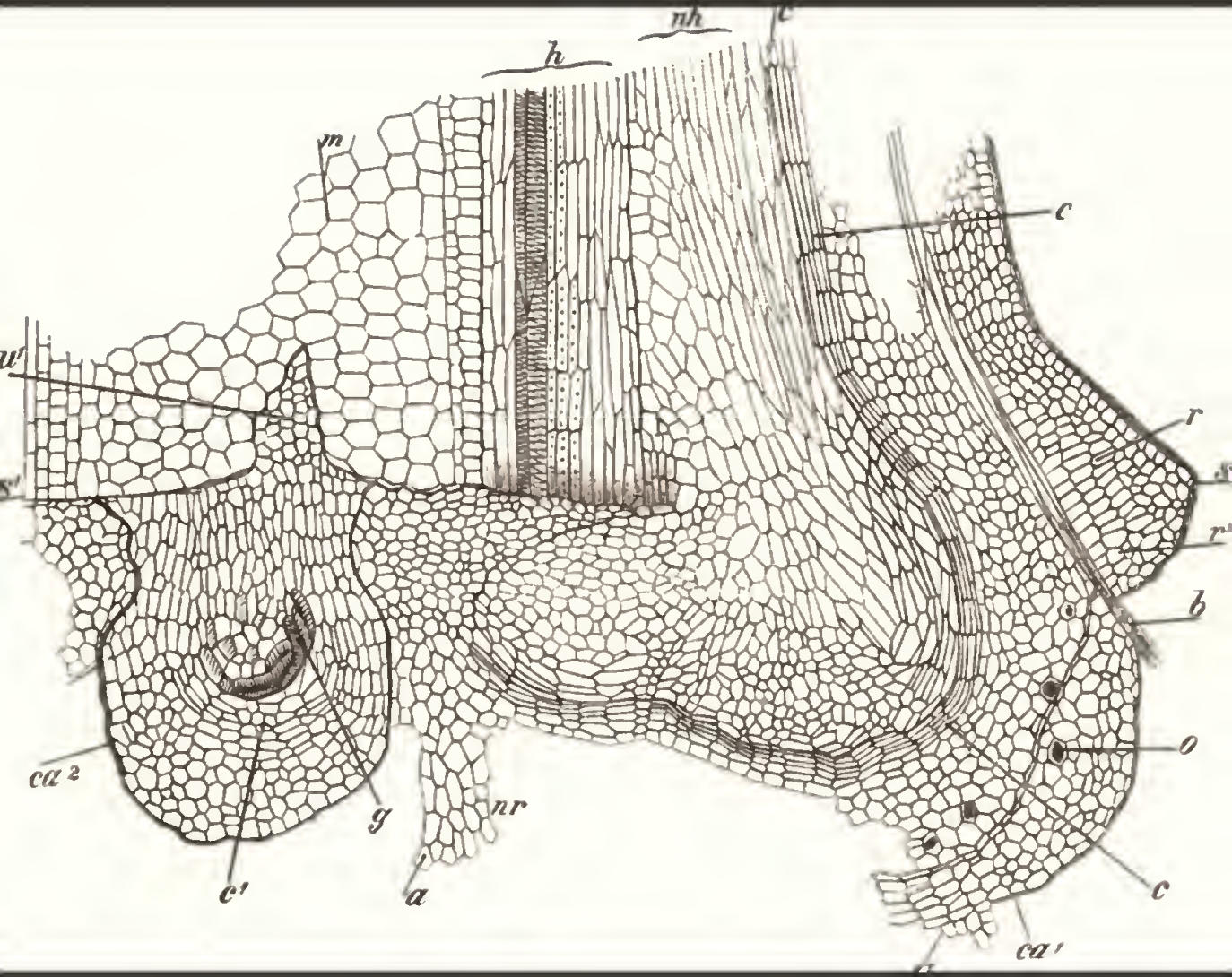

Populäre pflanzenphysiologie für gärtner

Library
of the
University of Wisconsin

Verlag von Eugen Ulmer in Stuttgart.

Anleitung zur Landschaftsgärtnerei. Unter Zugrundlegung des von Dr. Ed. Lucas als Manuskript für die Zöglinge des Pom. Inst. in Reutlingen herausgeg. Auszuges aus L. v. Sckell's Beiträge zur Landschaftsg. bearbeitet von H. Godemann, Obergärtner und Lehrer am Pom. Inst. in Reutlingen. Mit 21 Abbild. und 4 lithograph. Tafeln. Preis eleg. kart. M. 2.80. Für Lehranstalten in Partien von 12 Expl. an zu M. 2.40.

Diese Schrift soll insbesondere jüngeren mit der Landschaftsgärtnerei weniger vertrauten Gärtnern dienen, und diese mit den Grundgesetzen der Landschaftsgärtnerei und den wichtigsten bei derselben vorkommenden Arbeiten bekannt machen. — Für Gärtnerlehranstalten u. s. w. ein vortreffliches Unterrichtsbuch.

Vollständiges Handbuch der Obstkultur. Von Dr. Ed. Lucas. Zweite Auflage, neu bearbeitet und wesentlich vermehrt von Fr. Lucas, Direktor des Pomologischen Instituts in Reutlingen. Mit 307 Holzschnitten. In illustr. Umschlag geb. mit Leinwandrücken M. 6.—

Auf 470 Seiten gr. 8° giebt dieses, in zweiter Auflage erschienene, von berufenster Feder bearbeitete und beträchtlich erweiterte Werk Belehrung und Aufschluss über alles, was den Obstbau betrifft in klarer, verständlicher Sprache, so dass es für jeden Obst- und Gartenfreund einen durchaus zuverlässigen Ratgeber bildet.

Kurze Anleitung zur Obstkultur. Von Dr. Ed. Lucas. Achte Auflage von Direktor Fr. Lucas. Mit 32 Holzschnitten und 4 lithogr. Tafeln. Preis brosch. M. 1.60. In Halbleinw. geb. M. 1.85. Partiepreis bei Bezug von je 12 Expl. M. 1.40; in Halbleinw. geb. M. 1.65.

Die rasche Folge acht starker Auflagen bekundet am sichersten die Gediegenheit dieses sowohl Unterrichtszwecken als auch dem Selbststudium dienenden Buches.

Die Lehre vom Baumschnitt. Für die deutschen Gärten bearbeitet unter Mitwirkung von Fr. Lucas von Dr. Ed. Lucas. Sechste Auflage, vollständig umgearbeitet von Fr. Lucas. Mit 4 lithograph. Tafeln und 237 Holzschnitten. Preis M. 6.— Eleg. in Leinwand geb. M. 6.80

Diese neueste Auflage wurde so sorgfältig und vielfach umgearbeitet, dass sie als ein ganz neues Werk anzusehen ist. Das Buch, welches seither schon von der Kritik ausnahmslos auf das Anerkennendste besprochen wurde, wird in seiner jetzigen Gestalt gewiss zu den vielen alten, noch zahlreiche neue Freunde gewinnen.

Vorlagen zum gärtnerischen Planzeichnen für Lehranstalten sowie zum Selbstunterricht. Entworfen und zusammengestellt von A. Lilienfein, Landschaftsgärtner u. Lehrer an der städt. Gewerbeschule in Stuttgart. 17, teils in Farbendr. ausgef. Tafeln in Mappe. Preis mit Text 5 M.

Dieses Vorlagenwerk hat die Bestimmung, sowohl Gärtnern zum Selbstunterricht zu dienen, als auch Lehranstalten die erforderlichen Vorlagen in bestimmter Stufenfolge an die Hand zu geben; in demselben sind auf 17 Tafeln enthalten: Konstruktionen der bei dem Planzeichnen hauptsächlich vorkommenden Formen, Umrisse für Hausgärten, Baumschlag, Teppichbeete, Laubgänge, fertige Pläne zu Hausgärten, wie auch solche zu grösseren Parkanlagen.

Vorlagen zum Zeichnen von Gartenplänen. Zunächst für die Zöglinge des Pomolog. Instituts in Reutlingen und ähnlicher Lehranstalten, sowie auch für den Selbstunterricht. 2. Auflage. 20 lithographierte Tafeln, worunter 2 koloriert. Mit Text. Preis elegant kartoniert Mk. 2. —

Die Kultur der Blumenzwiebeln. Eine praktische Anleitung zur Anzucht, Topf- und Freiland-Kultur der beliebtesten und schönsten Zwiebelgewächse als Hyacinthen, Tulpen, Crocus, Meerzwiebeln, Chionodoxa, Narcissen, Tazetten, Jonquillen, Schneeglöckchen, Märzglöckchen, Amaryllis, Vallote, Herbstnarcisse, Sprekelie, Eucharis, Griffinie, Kaiserkrone, Muskat-Hyacinthe, Trichterblume, Lachenalie, Lilie, Gladiole, Montbretie, Tuberose, Tritome, Schwertlilie, Ornithogalum, Ixie. Nebst einer kurzen Anweisung für die Kultur der bekanntesten Knollengewächse wie Canna, Georgine, Cyklamen, Gloxinie, Begonie, Calla, Amorphophallus, Caladium, Anemone, Maiblumen etc. Von H. Timm und G. Frahm. Mit 81 Abbild. Preis M. 2.75. Eleg. kart. m. Lwdrück. M. 3.—.

Verlag von Eugen Ulmer in Stuttgart.

Handbuch der höheren Pflanzenkultur. Botanische Gärtnerei. Beschreibung und Behandlung der wertvollsten Gewächshaus- und Zimmerpflanzen von Karl Salomon, kgl. Garteninspektor in Würzburg. Mit 11 Holzschn. Preis M. 10.—. In Leinw. gebund. M. 11.

Inhalt: Die Anfänge der Kultur exotischer Pflanzen u. die Gewächshäuser (mit Abbildungen). — Kurze Bemerkungen über Erde und Dünger. — Allgemeine Regeln bei Aussaaten. — Bestäubung, Befruchtung und Hybridation. — Krankheiten und Feinde der Pflanzen. — Die Gruppen des Pflanzenreichs und ihre natürlichen Familien. — Beschreibung, Kultur und Vermehrung der wertvollsten botanischen Gattungen und Arten von Land-, Sumpf- und Wasserpflanzen. Z. B. Palmen, Farnkräuter, Arongewächse, Liliengewächse, Bananen, Orchideen, Gesneraceen, Heidekräuter, Wasserlilien, Sonnentau- und Schlauchpflanzen, Ternstroemiaceen (Camellien), Wolfsmilchgewächse, Araliaceen, Dickpflanzen (Crassulaceen und Kakteen), Begonien etc.

Pflanzengeographie. Für Gärtner und Freunde des Gartenbaues. Von Dr. Edmund Goeze, Kgl. Garteninspektor in Greifswald, früher Dirigent der botan. Gärten in Coimbra und Lissabon. Preis M. 9.—. In Leinwand gebund. M. 10.—.

Inhalt: I. Abteilung: Grundzüge der Pflanzengeographie. I. Pflanzengeschichte. II. Klima und Boden. III. Zonen. IV. Physiognomik der Gewächse. V. Pflanzenwanderung. VI. Florengebiete. VII. Pflanzenstatistik und Verbreitung der wichtigsten Pflanzenfamilien. II. Abteilung: Vegetationsbilder. I. Amerika. II. Asien III. Inseln des stillen Oceans. IV. Australien. (Bearbeitet von Baron Ferdinand v. Mueller.) V. Afrika. VI. Europa. (Alpen u. Mittelmeergebiet.)

Theorie des Gartenbaues. Von Max Kolb, Oberinspektor am Kgl. botan. Garten in München. Mit 22 Holzschn. Preis M. 8.—. In Leinwand gebunden M. 9.—.

Inhalt: I. Einleitung. II. Geschichte der Pflanzenernährungslehre. III. Die Pflanze. IV. Lebensprozess der Pflanze. V. Einfluss des Lichtes auf das Pflanzenleben. — Die Wärme und ihre Beziehung zum Pflanzenleben. — Frost und seine Beziehungen zur Vegetation. VI. Die Vegetationskrume. VII. Physik. Eigenschaften des Bodens. VIII. Klima und Lage. IX. Über Pflanzenkrankheiten. X. Die Ersatzlehre. — Die Düngerlehre.

Die Felsen in Gärten und Parkanlagen. Anleitung zur Verschönerung natürlicher und Herstellung künstlicher Felspartien für Landschaftsgärtner, Gartenbesitzer, Forstmänner und Architekten von Forstmeister Rudolf Geschwind. Preis M. 6.—. In Leinw. geb. M. 7.—.

Inhalt: I. Felsenarchitektur. II. Gestein in Verbindung mit Wasser. III. Gartenbauten. Beiwerke und Ornamente von Holz und Metall. IV. Ausschmückung natürlicher und künstlicher Felsen durch Gewächse. V. Felsbewohner aus der Tierwelt. VI. Schutz der Felsenpflanzen. VII. Schluss. Im Herbste des Lebens. Die letzte Ruhestätte.

Einleitung in das Studium der Pomologie für angehende Pomologen, Freunde und Förderer der Obstkunde und Obstzucht von Dr. Ed. Lucas. Mit 82 Holzschn. Preis M. 6.—. In Leinw. geb. M. 7.—.

Inhalt: I. Allgemeine Einleitung. II. Aufzählung der Obstbaumarten. III. Allgemeine Merkmale der Obstgehölze. IV. Allgemeine Merkmale der Obstfrüchte. V. Spezielle Merkmale. VI. Die Klassifikation für die einzelnen Obstsorten. Spezielle Aufzählung der verschiedenen Systeme. VII. Das Bestimmen unbekannter Obstsorten.

Anleitung zur Obsttreiberei. Von W. Tatter, Kgl. Oberhofgärtner in Herrenhausen. Mit 72 Holzschn. Preis M. 7.—. In Leinw. geb. M. 8.—.

Inhalt: I. Abteilung: Einleitung. Einrichtung und Unterhaltung der Treibräume im allgemeinen. Die allgemeinen Treibregeln. Die Vorbereitung der Pflanzen zur Treiberei. Schädliche Tiere. Vorkommende Krankheiten. Die Verpackung der Früchte beim Transport II. Abteilung: Die Ananastreiberei. Die Aprikosentr. Die Erdbeertr. Die Feigentr. Die Himbeertr. Die Johannisbeertr. Die Kirschentr. Die Melonentr. Die Musa- (Bananen-) Treiberei. Die Pfirsichtr. Die Pflaumentr. Die Stachelbeertr. Die Weintreiberei. Die Aufbewahrung der Weintrauben. Anhang: Die Champignontreiberei.

Populäre
Pflanzenphysiologie
für Gärtner.

Ein Ratgeber bei Ausführung der praktischen Arbeiten
wie auch ein
Leitfaden für den Unterricht an Gärtnerlehranstalten.

Von
Dr. Paul Sorauer,
Dirigent der pflanzenphysiologischen Versuchsstation am Kgl. Pomolog. Institut zu Proskau (Schlesien).

Mit 33 in den Text gedruckten Abbildungen.

Stuttgart, 1891.
Verlag von Eugen Ulmer.

Alle Rechte vorbehalten.

Hofbuchdruckerei Carl Liebich, Stuttgart.

342964
APR -5 1929
NR

Vorwort.

Als Lehrer an einem Institute, dessen Aufgabe die wissenschaftliche Ausbildung des Gärtners ist, habe ich im Laufe meiner Lehrthätigkeit diejenige Methode für den Unterricht in der Physiologie bewährt gefunden, welche stets an die praktischen Bedürfnisse anknüpft. Der Schüler lernt emsiger und leichter die wissenschaftlichen Thatsachen, wenn er weiß, wie er dieselben praktisch verwerten kann.

Schüler im weiteren Sinne ist aber jeder praktische Gärtner, der das Bestreben hat, sich mit den wissenschaftlichen Grundlagen seines Faches vertraut zu machen. Soweit der Gärtner als die Aufgabe seines Berufes die Anzucht der Pflanzen ansieht, bildet für ihn die Lehre vom Leben des Pflanzenkörpers den notwendigsten Gegenstand der Erkenntnis.

Die im Begriff der Züchtung liegende Regelung der Lebensverhältnisse nach einem gewünschten Endziel hin setzt voraus, daß der Züchter mit dem anatomischen Aufbau und der Funktion der einzelnen Organe vertraut sei. Deshalb ist hier die Einrichtung getroffen, daß die wissenschaftlichen Thatsachen sich als Erklärung des Baues und der Thätigkeit der einzelnen, vom Gärtner bei seinen Kulturen mannigfach behandelten Glieder des Pflanzenkörpers (Wurzel, Stamm, Blatt u. s. w.) an diese gruppieren. Rein wissenschaftliche Ergebnisse, die vorläufig eine praktische Anwendung noch nicht erfahren haben, sind weggelassen.

Das Buch möchte ein wissenschaftlicher Ratgeber sein, der die Grundsätze entwickelt, nach denen die Praxis arbeiten muß, um rationell zu arbeiten. Die Erklärungen sind möglichst populär gehalten, die hauptsächlichsten wissenschaftlichen Ausdrücke der neueren Anatomie aber absichtlich zur Anwendung gebracht worden, damit sich der Leser mit denselben vertraut mache. Meine Ansicht ist, daß die Aufgabe der populären Darstellung nicht darin besteht, gänzlich sich dem augenblicklichen Verständniskreise des Lesers anzupassen, sondern daß sie, ausgehend von diesem Gesichtskreise,

verſucht, neue wiſſenſchaftlichen Begriffe einzuführen und dadurch das Verſtändnis zu erweitern und zu vertiefen. Darin liegt das erziehliche Moment der populären Wiſſenſchaft.

Betreffs der Technik der Bearbeitung ſei bemerkt, daß die Haupterſcheinungen des Pflanzenlebens, wie Nährſtoffaufnahme, Waſſerleitung, aſſimilatoriſche Thätigkeit u. ſ. w. immer wieder und zwar nach der fortſchreitenden Erweiterung der Begriffe immer eingehender zur Sprache gebracht worden ſind. Es hängt dieſe Methode mit der Lehrerfahrung zuſammen, daß durch die Wiederholung dem Leſer ſich die Grundlagen einprägen, ohne daß er nötig hat, dieſelben ſpeziell zu lernen. Aus demſelben Grunde iſt die Zahl der Figuren möglichſt beſchränkt und, wenn nötig, dieſelbe Abbildung ſogar zweimal gebracht worden. Bei dieſer Wiederholung prägen ſich die einzelnen Bilder ſchneller ein und um ſie gruppiert ſich dann das Geleſene.

Hoffentlich erweiſt ſich die Arbeit als eine wirklich nützliche.

Proskau, Februar 1891.

Paul Sorauer.

Inhaltsverzeichnis.

Erstes Kapitel. Einführung.

Seite.

§ 1. Wie hat der Gärtner den Pflanzenkörper aufzufassen? 1
§ 2. Wozu dienen die einzelnen Glieder am Pflanzenkörper? 2

Zweites Kapitel. Der Wurzelbau.

§ 3. Wie ist der Aufnahmeapparat, die Wurzel, beschaffen? 4
a) Das Aufnahmesystem des Wurzelkörpers. 4
b) Die Wurzelspitze. 7
c) Das Leitungssystem im Wurzelkörper. 10
d) Der Leitungsvorgang. 16

Drittes Kapitel. Die Wurzelernährung.

§ 4. Welche Stoffe muß das Medium, in dem die Wurzel lebt, enthalten, um dauernd brauchbar für ein erfolgreiches Wachstum zu sein? 29
§ 5. Welchen Einfluß üben die einzelnen Nährstoffe auf den Pflanzenleib aus und in welcher Form gelangen sie in denselben? 30
§ 6. Die Rolle, welche die Begleitstoffe und die gelegentlichen Beimengungen neben den eigentlichen Nährstoffen spielen. 33
§ 7. Wo und wie findet die Wurzel ihre Nährstoffe im Boden vor? . . . 37
a) Das Kalium. 39
b) Die Phosphorsäure. 40
c) Der Stickstoff. 40
§ 8. Warum und wie ersetzen wir die hauptsächlichsten Nährstoffe? 49
a) Die Brache. 49
b) Die mineralischen Düngemittel. 50
c) Die organischen Dungstoffe. 52
§ 9. Wie befriedigt der Boden am besten das Atmungsbedürfnis der Wurzel? 57
§ 10. Wie verbessern wir die Äcker behufs Erreichung mögl. hoher Kulturfähigkeit? 61
§ 11. Wie gestaltet sich die Ernährung der Topfgewächse? 66
§ 12. „ „ „ „ „ Luftwurzler? 70
§ 13. Wie sorgen die Erdwurzeln für ihr Luftbedürfnis? 73

Viertes Kapitel. Die Wurzelbehandlung.

§ 14. Wie ist der Wurzelkörper bei dem Verpflanzen zu behandeln? 77
a) Der stark ins alte Holz zurückgeschnittene Wurzelkörper. 77
b) Der nur an schwachen Ästen zurückgeschnittene Wurzelkörper. . . 80
c) Die Wurzelbehandlung bei dem Verpflanzen der Topfgewächse. . . 81
d) Die Wurzelbehandlung bei dem Umsetzen der Freilandpflanzen. . . 83

Fünftes Kapitel. Bedeutung der oberirdischen Achse.

§ 15. Wie ist die oberirdische Achse zusammengesetzt? 89
§ 16. Was ist Cambium? 94
§ 17. Wozu dient das Cambium bei ungestörtem Wachstumsverlauf? . . . 98
§ 18. Wie funktioniert der gesamte Stammapparat? 100

Sechstes Kapitel. Das Blatt.

Seite.

§ 19. Wie ist das Grundorgan des Blattes beschaffen? 103
§ 20. Wie sind die Hauptarbeitsorgane im Blattkörper geschützt? 105
§ 21. Wie sind die Hauptarbeitszellen innerhalb des Blattkörpers angeordnet? 112
§ 22. Wie entwickelt sich das Blatt? 114
§ 23. Was produziert hauptsächlich ein Blatt? 116
§ 24. Wie produziert im allgemeinen das Blatt? 120

Siebentes Kapitel. Behandlung der oberirdischen Achse.

§ 25. Warum muß die oberirdische Achse bei unsern Kulturgew. geschnitten werden? 127
§ 26. Wie machen wir die Schnittwunde am wenigsten nachteilig? 128
§ 27. Welchen Einfluß übt der Sommerschnitt im Verhältnis zum Winterschnitt? 130
§ 28. Welche Folgen hat das Schneiden auf Zapfen und auf Astring? . . . 133
§ 29. Unter welchen Bedingungen soll der Schnitt regulierend in den natürlichen Bau der Krone eingreifen? 136
§ 30. Wann wirkt der Schnitt schädlich? 139
§ 31. Auf welche Weise befördert man den natürlichen Wundheilungsprozeß? . 142
§ 32. Gibt es Hilfsmittel, welche die Wirkung des Schnittes unterstützen können? 148
a) Das Biegen der Zweige. 148
b) Das Drehen der Zweige. 150
c) Das Einkerben. 151
d) Das Ringeln. 152
e) Das Schälen der Stämme. 154
§ 33. Warum schröpfen wir? 156

Achtes Kapitel. Die Verwendung der Achsenorgane zur Vermehrung.

§ 34. Worin besteht und was nützt das Absenken? 161
§ 35. Welche Grundsätze sind bei der Stecklingsvermehrung maßgebend? . . . 164
§ 36. Was bezwecken wir mit der Veredlung und welche Methode entspricht am besten dem gewünschten Zweck? 175
§ 37. Inwiefern beeinflussen Edelreis und Wildling einander gegenseitig? . . 185

Neuntes Kapitel. Die Behandlung des Blattapparates.

§ 38. Wie wirken die Verletzungen des Laubkörpers? 190
§ 39. In welchen Fällen dient das Blatt als Vermehrungsorgan? 192

Zehntes Kapitel. Die Theorie des Gießens.

§ 40. Warum ist dem Begießen der Pflanzen besondere Aufmerksamkeit zu schenken? 195

Elftes Kapitel. Die Blüte.

§ 41. Aus welchen Teilen besteht die Blüte? 204
§ 42. Wie entsteht die normale und die gefüllte Blüte? 208
§ 43. Wie beeinflußt der Gärtner die Blütenbildung? 211

Zwölftes Kapitel. Frucht und Same.

§ 44. Wie entstehen Frucht und Same? 216
§ 45. Wie kann der Gärtner die Fruchtbildung durch das Kulturverfahren beeinflussen 224
§ 46. Welche Einflüsse machen sich bei der Samenausbildung geltend? . . . 229
§ 47. Welche Behandlung soll man dem reifen Samen angedeihen lassen? . . 234

Erstes Kapitel.

Einführung.

§ 1. — Wie hat der Gärtner den Pflanzenkörper aufzufassen?

Der Gärtner als Pflanzen*züchter* hat die Aufgabe, eine Pflanze zu erziehen. In dem Wortlaut „erziehen" liegt schon der Begriff des Einwirkens und Leitens natürlicher Anlagen zu einem bestimmten Endziele hin. Der Gärtner soll nämlich die Lebensvorgänge und Entwicklungsformen des pflanzlichen Organismus zielbewußt und zweckmäßig zu lenken verstehen, damit er seine mit der Züchtung beabsichtigten Zwecke möglichst vollkommen erreiche. Diese Zwecke sind verschieden. In vielen Fällen genügt ihm schon, eine Pflanzenspezies an einem gewünschten Orte in ihrem normalen, gewohnten Entwicklungsgange zu erhalten. Dies geschieht z. B. bei der Verwendung der Pflanzen im Dienste der Landschaftsgärtnerei, bei der Kultur der Gewächse wärmerer Zonen im Klima unseres Vaterlandes u. s. w. In andern Fällen, die wir als „eigentliche Züchtung" zusammenfassen möchten, will aber der Gärtner eine Pflanzenspezies für seine Zwecke dadurch dienstbarer machen, daß er ihre augenblicklich von der Kultur gewünschten und bezahlten Eigenschaften und Produkte verbessert und vermehrt. Am klarsten zeigt sich ein solcher Fall bei den vorzugsweise als Gemüse angebauten Gewächsen, deren zur Speise dienende Organe vergrößert, vermehrt und verfeinert werden sollen. Hier gilt es, zielbewußt in den von einer Spezies typisch befolgten und bisher eingehaltenen Entwicklungsgang einzugreifen, um gewisse Funktionen einseitig zu steigern und gewisse Organe dadurch zu erhöhter Ausbildung zu bringen. Ein anderer Fall eigentlicher Züchtung liegt vor, wenn es gilt, die Entwicklungszeiten einer Spezies zu verschieben, indem wir z. B. Frühlingsblüher schon im Winter haben (Frühtreiberei) oder umgekehrt Frühjahrsblumen (Convallaria) erst im Sommer auf den Markt bringen wollen.

Wenn unter dem Einfluß der Kulturhilfsmittel wir sehen, daß die Blütenfarben sich ändern, daß durch Umwandlung der Staubgefäße in Blumenblätter oder durch Sprossung einzelner Blattkreise die Blüten gefüllt werden oder harte Wurzeln dick und zart wie bei der Mohrrübe, Stengel rübenartig geschwollen, wie bei dem Kohlrabi werden und harte Früchte durch Vermehrung des Rindengewebes groß und saftreich werden (Äpfel und Birnen), so erkennen wir, daß wir bis zu einem gewissen Grade im stande sind, einzelne Eigenschaften am Pflanzenkörper zu lockern, den gewohnten Bildungsgang zu erschüttern.

Die Pflanze ist also kein starres, in einen bestimmten Formenkreis gebanntes Schöpfungsprodukt, sondern ein in seinen Gliedern noch fortentwicklungsfähiges Gebilde; sie ist Wachs, das in seinen bisherigen Formen erweichbar ist und innerhalb gewisser Grenzen noch umgeändert werden kann. Dieses Ummodeln des Pflanzenleibes ist aber nur möglich, wenn der Gärtner versteht, die einzelnen Faktoren, die Lebensbedingungen, derart zu regeln, daß unbeschadet für die Gesamtarbeit, das Leben, die Thätigkeit der einzelnen Glieder über das bisher gekannte Maß hinaus gesteigert oder zu Gunsten eines andern Gliedes unter die gewöhnliche Grenze herabgedrückt wird. Unbedingte Voraussetzung für ein solches Streben ist natürlich die Erkenntnis der einzelnen Lebensvorgänge und ihrer Abhängigkeit von den gegebenen Lebensbedingungen, also die Beherrschung der Physiologie.

Wenn auch die Lehre vom Leben sehr viele Lücken zeigt und stets zeigen wird, so haben wir doch immerhin schon einen Einblick in einzelne Vorgänge der Lebensthätigkeit und eine solche bereits gewonnene Erkenntnis muß der Gärtner praktisch verwenden lernen. Zu diesem Zwecke fragen wir im folgenden zunächst:

§ 2. — Wozu dienen die einzelnen Glieder am Pflanzenkörper?

Die Kulturpflanzen treten uns als vielgliederige Apparate entgegen, die aus Kammern oder Zellen aufgebaut sind, von denen jede ihre bestimmte, bis zu einem gewissen Grade selbständige Arbeitsleistung hat. Alle Zellen am ganzen Körper greifen mit ihrer Arbeitsleistung ineinander zu dem gemeinsamen Zwecke, das Individuum zu erhalten und das Material zu beschaffen, damit die Anlagen neuer Individuen in Form von Samen behufs Fortpflanzung der Art gebildet werden können.

Von den Gliederkreisen des pflanzlichen Organismus fällt dem Blütenapparat die Anlage und Ausbildung der neuen Individuen aus vorrätigem

organiſchem Baumaterial zu. Der Laubkörper dagegen übernimmt die Herſtellung dieſes notwendigen Baumaterials; er thut dies durch die Hilfe des Lichtes in ſeinen grünen Blattzellen aus den Rohmaterialien, welche teils die Luft in Form von Kohlenſäure, teils der Boden in Form von in Waſſer gelöſten Mineralbeſtandteilen liefern. Die Wurzel iſt derjenige Apparat, welcher die Aufgabe hat, den Pflanzenleib in der Erde feſtzuhalten und ihm die rohen Mineralläſungen zuzuführen.

Zweites Kapitel.

Der Wurzelbau.

§ 3. — Wie ist der Aufnahmeapparat, die Wurzel, beschaffen?

Uns interessiert zunächst der Wurzelapparat. Derselbe stellt sich dar als eine direkte Fortsetzung der oberirdischen Achse und zeigt, wie diese, einen härteren, centralen, von uns im allgemeinen als Holzkörper bezeichneten Cylinder (Fig. 1. G), der umgeben ist von weichem Gewebe, der Rinde (Fig. 1. R). Da der Holzkörper einer unverletzten Wurzel an keiner Seite direkt nach außen grenzt, sondern stets von Rindenelementen umgeben ist, so müssen notwendigerweise diese letzteren die spezielle Aufgabe der Aufnahme der Bodennährstoffe haben; der centrale holzige Teil, bei dem man häufig schon mit bloßem Auge das Vorhandensein weiter Röhren (G) wahrnehmen kann, wird dann die Leitung der Bodenlösung nach allen Orten hin, wo eine solche gebraucht wird, zu übernehmen haben.

a) Das Aufnahmesystem des Wurzelkörpers.

Wenn wir eine gesunde Pflanze derart vorsichtig aus lockerem Boden ausgraben, daß wir die feinen Verästelungen des Wurzelsystems unverletzt mit herausheben und spülen dann den ganzen Wurzelkörper unter einem nicht zu starken Wasserstrahl ab, so gelingt es, die anhaftende Erde von den Wurzeln fast ganz abzulösen. Nur eine Partie an jedem jungen Wurzelast behält eine feine Hülle aus Sandkörnchen und Erdpartikelchen und die Hülle scheint dieser Wurzelregion angeklebt zu sein. Mit Hilfe des Mikroskops erkennt man, daß feine, mannigfach gekrümmte Wurzelhaare (Fig. 1. H) sich an die Gesteinspartikelchen thatsächlich angeklebt haben und diese ungemein festhalten. Soweit die Wurzeln derartige Höschen aus Sand haben, sind sie fähig, die Bodenlösung aufzunehmen. Die Aufnahmeregion einer Wurzel ist also auf eine ganz bestimmte, jugendliche Zone beschränkt, die dicht hinter der glatten, oft glasig erscheinenden Wurzelspitze beginnt und

sich einige Centimeter weit aufwärts erstreckt. Die älteren, bräunlichen Wurzelteile sind für die Nahrungsaufnahme belanglos.

Wenn wir ein solches Wurzelhaar von dem an seiner Spitze anhaftenden Gesteinssplitterchen rückwärts nach seiner Ursprungsstelle hin verfolgen, lernen wir es als einen dünnwandigen, mit Flüssigkeit erfüllten Schlauch kennen, der wie der Finger eines Handschuhes aus einer Oberhautzelle der Wurzelrinde hervorgestülpt ist. Die Zellen, welche die Oberhaut (Epidermis) (Fig. 1. E s. Seite 8) der Wurzel bilden und in dieser Region sehr dünnwandig sind, haben durch eine solche Ausstülpung zum Wurzelhaar eine ungemeine Vergrößerung ihrer Oberfläche und damit eine bedeutende Vermehrung ihrer Auffaugungsfläche für die Nährstofflösung erfahren. Das Wurzelhaar erscheint somit als Hilfsapparat des Wurzelkörpers, der dadurch auf kleinem Raum eine ungemein große Aufnahmefläche zu entwickeln vermag.

Da der wesentlichste Körper, um den es sich bei der Aufnahmethätigkeit der Wurzel handelt, das Wasser ist, so sehen wir, daß die Ausbildung der Absorptionsfläche einer Wurzel sich nach dem Wasserbedürfnis der Pflanzen vielfach richtet. Bei Wassergewächsen z. B., bei denen der gesamte Pflanzenleib beständig mit Wasser in Berührung ist, wird sich kein Bedürfnis für eine Vergrößerung der auffaugenden Oberfläche einstellen und Haarbildung wäre überflüssig. Thatsächlich entwickeln oft die Wasserwurzeln keine Haare. Bei Kalmus, Wasserschierling und andern Pflanzen ist beobachtet worden, daß die Wurzeln kahl sind, so lange sie im Wasser leben, daß dieselbe Pflanze aber behaarte Absorptionsflächen entwickelt, sobald die Wurzeln in durchlüfteter Erde sich ausbilden. Bei den typischen Bewohnern austrocknenden Erdreichs wird das Bedürfnis nach möglichster Erweiterung der wasseraufnehmenden Fläche um so größer sein, je saftiger und größer die Blätter und je bedeutender damit die Verdunstung derselben ist. Umgekehrt werden Pflanzen mit lederartigen, schmalen Blättern und geringer Transspiration genügend Wasser aufnehmen können, wenn auch kein Haarapparat zur Entwicklung gelangt. Wirklich erfahren wir, daß bei Nadelhölzern aus verschiedenen Gattungen die Wurzeln kahl befunden worden sind, daß also die einfache Wand der dünnen, tafelförmig aneinander gelagerten Oberhautzellen genügte, das benötigte Wasserquantum zu absorbieren. Bei denselben Pflanzen kann ein Teil der Wurzeln haarlos, ein anderer Teil schwach, ein dritter Teil stark behaart sein; es hängt dies von der Leichtigkeit ab, mit der die Wurzel Wasser zu erlangen vermag. Je schwieriger oder seltener das Wasser zu erlangen ist, desto ausgebildeter ist im

allgemeinen der Haarapparat. In einem ganz trocknen Boden unterbleibt natürlich auch die Haarentwicklung, weil die Wurzel überhaupt kaum fortwächst; die günstigste Haarentwicklung zeigt sich in feuchter Luft.

Wir haben oben erwähnt, daß die Bodenpartikelchen an der Absorptionsfläche der Würzelchen sich nicht abspülen lassen, sondern festkleben. Läßt man Keimpflanzen in feuchter Luft auf mäßig befeuchtetem Sande wachsen, so findet man in kurzer Zeit Wurzelhaare, die an Sandkörnchen angestoßen sind; dort haben sie sich angedrückt, flächenartig verbreitert, das Sandkorn fest umklammert und sind schließlich in knieförmiger Biegung weiter gewachsen, um unter Umständen denselben Vorgang zu wiederholen. Bei dem Aufstoßen der Haarspitze auf das Sandkorn sind aber der Stillstand im Längenwachstum und die Verbreiterung der Berührungsfläche nicht die einzigen Veränderungen, sondern man sieht auch die Außenwand der Haarzelle ihre scharfe Umgrenzungslinie verlieren und zu Schleim aufquellen. Dieser Schleim ist der Kitt, der das Sandteilchen ganz dicht und fest mit dem Wurzelschlauch verbindet. Stellen wir uns jetzt vor, daß statt des Sandkörnchens ein Gesteinssplitterchen erfaßt worden ist, auf welchem als ganz feiner Überzug sich Nährsalze der Pflanze niedergeschlagen haben. Thatsächlich sind die unentbehrlichsten Nährstoffe vom Boden absorbiert und werden nebst schwachen Wasserhüllen von den Bodenteilchen mechanisch festgehalten. Tritt nun das Wurzelhaar in sehr innige Berührung mit derartigen Erdpartikelchen, so löst der Schleim die Nährstoffe und dieselben treten durch unkennbare Öffnungen der Zellhaut (Micellarinterstitien) in das Innere des Haarschlauches (wie z. B. bei H in Fig. 1) ein, sättigen den ganzen Zellinhalt und durchtränken auch die Membran, welche an die nächst tiefer in der Rinde der Wurzel liegende Zelle der Region R stößt. Wenn diese innere Rindenzelle Bedarf an Nährstoffen hat, so entreißt sie der Haarzelle einen Teil derselben und befriedigt ihr eignes Bedürfnis. Sie kommt aber damit nicht zu Ende; denn ihre Nachbarzellen haben dasselbe Bedürfnis nach Sättigung und nehmen ihren Theil, um schließlich auch ihr aufgenommenes Gut wieder an stärker anziehende, höherliegende Zellen abzugeben. So stellt sich denn eine Wanderung der Nährstoffe nach den bedürftigsten Wachstumsherden, nach den oberirdischen Organen ein und in dem Maße, als oben die Nährstoffe verbraucht werden, greifen die unteren, eben beraubten Zellen wieder auf noch tieferliegende zurück, die ihrerseits schließlich dem Wurzelhaar neue Nährstoffquantitäten entziehen. Es etabliert sich somit im Gewebe der Wurzelrinde eine durch die Zellwandungen fortschreitende, immer rückwärts bis an die Aufnahmefläche

greifende Nährstoffströmung, die schließlich in das Röhrensystem im centralen Teil der Wurzel gelangt und dort mit größerer Schnelligkeit in den oberirdischen Teil der Achse hinaufgepumpt wird.

Aber selbst feste Mineralbestandteile weiß ein Wurzelhaar aufnehmbar zu machen. Die Zellen der absorbierenden Wurzeloberfläche scheiden Kohlensäure und vielfach auch nichtflüchtige Säuren aus, welche Gesteinstrümmerchen angreifen, in Lösung bringen und die Lösung nun in die Zellen eintreten machen. Das schönste Beispiel für diesen Vorgang liefert der Versuch, Keimpflänzchen unter leichter Bedeckung auf einer polierten Marmortafel wachsen zu lassen. Nach einiger Zeit sieht man, daß diejenigen feinen Würzelchen, welche der Marmortafel angelegen, ihr Bild in dieselbe eingeätzt haben; sie haben an den Stellen, wo sie sich festgeklebt hatten, Marmor aufgelöst.

b) Die Wurzelspitze.

Von wesentlicher Bedeutung für den Gärtner, der das Wurzelwachstum seinen Zwecken entsprechend künstlich zu beeinflussen hat, ist es, die Stelle näher kennen zu lernen, an welcher das Längenwachstum vor sich geht. Dasselbe beruht auf zwei Vorgängen: erstens der Bildung neuer Wurzelzellen, zweitens auf deren Streckung. Wir würden aber irre gehen, wenn wir annehmen wollten, daß die Neubildung der zur Verlängerung der unterirdischen Achsenorgane bestimmten Gewebe genau so erfolgt, wie bei den Stengelorganen. Bei diesen ist es die äußerste, anfangs von Knospenschuppen geschützte, später meistens frei liegende Spitze, welche aus kegelförmig angeordneten, sehr zartwandigen, dichtliegenden, plasmareichen, sich durch neue Querwände teilenden Zellen aufgebaut ist. Die äußerste Gipfelregion dieses Vermehrungsgewebes (Meristem) bleibt während der ganzen Vegetationsperiode in fortgesetzter Zellteilung und der Pflanzenteil verlängert sich, indem die jungen, neu entstandenen Zellen sich zu den Größenverhältnissen der älteren auswachsen.

Bei der Wurzel sehen wir allerdings auch dieselbe Art der Vermehrung und Anordnung der meristematischen Zellen an der Spitze, finden also denselben Modus der Verlängerung durch Spitzenwachstum; aber diese Spitze liegt nicht frei, sondern ist von einer parenchymatischen Zellenkappe, der Wurzelhaube (spongiola) (Fig. 1 W. W) gedeckt. Bei diesem Organ liegen die einzelnen Zellschichten etwa so wie die Schalen einer Zwiebel übereinander derart angeordnet, daß die ältesten Zelllagen (a) außen, die jüngsten (b) im Innern zu finden sind. An diesem innersten jüngsten

Punkte ist die Wurzelhaube durch gemeinsame Gewebeschichten der Wurzelspitze verbunden. Denken wir uns einen Finger, der mit einem Fingerhut

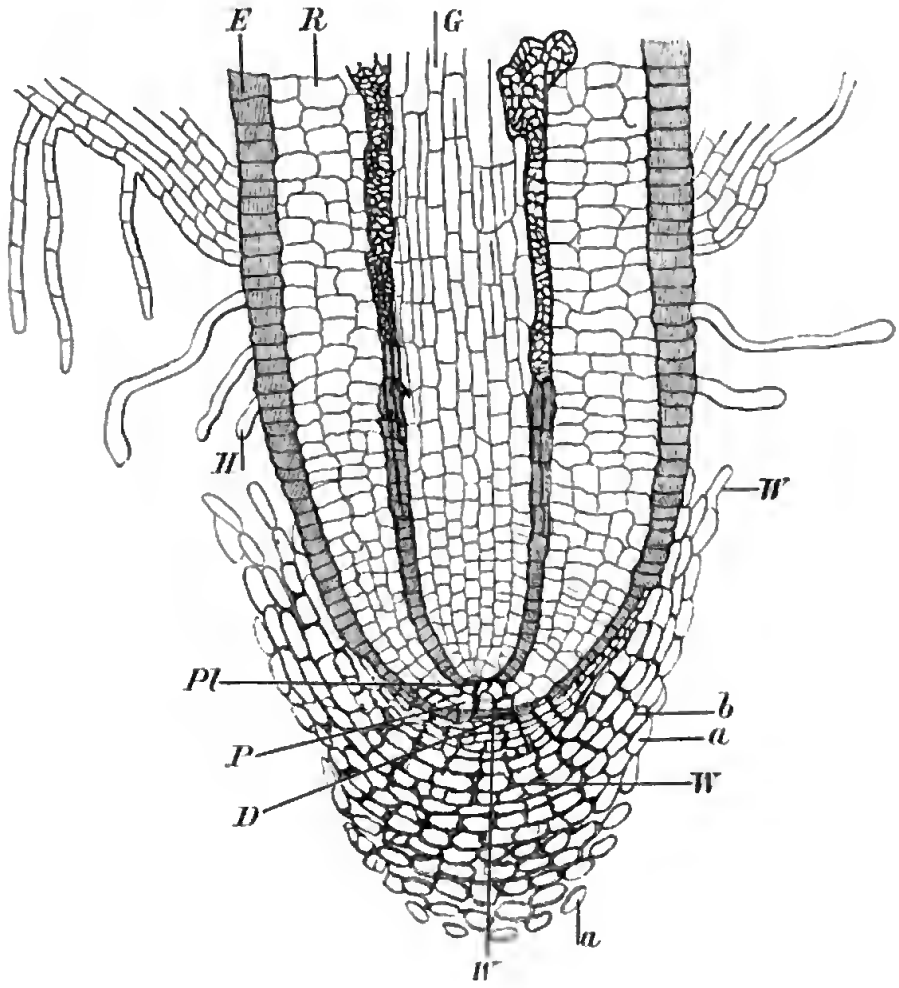

Fig. 1.

Aus dem Stengel einer Kartoffel hervorgebrochene Wurzel.

G junger Holzcylinder, begrenzt von Gefäßreihen. R Rinde, E Epidermis, H Haare. Die Sonderung der Gewebe ist bis in den jüngsten Teil der Wurzelspitze zu verfolgen; in dieser meristematischen Zone ist Pl (Plerom) der die Verlängerung des Holzcylinders übernehmende Teil, P (Periblem) die jüngste Rindenanlage und D (Dermatogen) die Anlage des Hautsystems, der Epidermis. Der zarte Meristemkegel der eigentlichen Wurzelspitze wird überdeckt von W, der Wurzelhaube, deren äußerste Zellen a verschleimen, während in dem inneren Teile (hinter b) neue Haubenzellen nachwachsen.

bedeckt ist, welcher mit der Innenfläche seiner Spitze dem Finger aufgewachsen wäre und wir haben ein allerdings etwas rohes aber ziemlich zutreffendes Bild einer mit Haube versehenen Wurzel.

Unter dieſer Haube liegen die Gewebe der Wurzelſpitze in einer für die Gattung feſtſtehenden Anordnung. In der Mehrzahl der Fälle kann man eine mittlere Meriſtemgruppe (Fig. 1 Pl), welche die Verlängerung des centralen Holzcylinders übernimmt, von einem daranſtoßenden Zellenmantel (P), der zur Wurzelrinde wird, unterſcheiden. Über dies letztere Gewebe dehnt ſich als Hautſchicht der ganzen jüngſten Achſenanlage eine Zellſchicht (D), aus der ſpäter das Hautſyſtem und bisweilen auch das Abſorptionsgewebe hervorgehen. Am höchſten Punkt der Spitze der eigentlichen Wurzel laufen dieſe Gewebezonen in eine Zellengruppe aus, welche den Hauptvermehrungsherd für alle dieſe Gewebe bildet und welche gleichzeitig auch das Bindeglied und den Zellenbildungsherd für die Wurzelhaube darſtellt. Es haben alſo Wurzelkörper und Wurzelhaube denſelben Wachstumsherd, nämlich die Spitzenregion des eigentlichen Wurzelkörpers und in der Mehrzahl der Fälle können wir bei unſern dicotylen Pflanzen die Wurzelhaube einfach als eine Wucherung der jüngſten Hautſchicht des eigentlichen Wurzelkörpers auffaſſen.

Dieſe Wucherung ergänzt ſich von innen heraus, alſo von ihrer Anheftungsſtelle an der eigentlichen Wurzelſpitze her, während ihre äußerſten, älteſten Zellen (a) an Inhalt allmählich verarmen, in der Wandung allmählich verſchleimen, ſich ab- und auflöſen. Bei dieſem Löſungsprozeß entſteht Kohlenſäure, die ſich dem Bodenwaſſer mitteilt und es dadurch befähigt, mineraliſche Nährſtoffe (z. B. phosphorſauren Kalk) löslich zu machen, der in reinem Waſſer nicht löslich iſt.

Damit iſt eine Arbeitsleiſtung der Wurzelhaube erkannt. Die von den alten Zellen der Haube gelöſten Nährſtoffe werden von den inneren, dünnwandigeren, jüngeren Elementen teilweis aufgeſogen und den Wachstumsherden als Rohmaterial zugeführt. Inſofern iſt dieſes Organ auch Abſorptionsapparat; ſein hauptſächlichſter Nutzen iſt aber jedenfalls ſeine Wirkſamkeit als Schutzkappe. Bedenken wir, welche Hinderniſſe eine fortwachſende Wurzelſpitze zu überwinden hat, um in dem feſten Boden ſich einen Weg zu bahnen. Dazu bedarf es beſonderer Kraftanſtrengung und beſonderer Schutzvorrichtungen. Die Kraft, welche das Vorwärtsbohren der Wurzelſpitze ermöglicht, iſt der oben erwähnte Streckungsvorgang der Zellen hinter dem Vegetationskegel, welche aus dem jüngſten, meriſtematiſchen Zuſtande herausgetreten ſind und nun zu dem Dauergewebe des ausgewachſenen Wurzelkörpers werden. Bei ihrer Ausdehnung ſchieben ſie die jüngſte Spitze vorwärts; rückwärts kann der ältere Wurzelteil durch Rückſtoß nicht gehen, weil die Wurzelhaare den ausgebildeten Teil bereits im

Boden festgeklebt und verankert haben. Was würde aber aus einer ganz weichen, aus zartesten Zellen gebildeten Spitze werden, wenn dieselbe zwischen die oft scharfen Gesteinssplitter hineingepreßt würde? Für diesen Fall hat die Natur vorgesorgt durch die Wurzelkappe, deren älteste Zellen nach außen gerichtetet sind.

Wenn wir bei andern Organen (Blättern) jederzeit nachweisen können, wie ihre Ausbildung sich den herrschenden Verhältnissen anpaßt, so werden wir dies auch bei den Wurzeln voraussetzen müssen und kaum fehl gehen, wenn wir sagen, daß die Wurzelhaube eine im Laufe der Zeit durch die Notwendigkeit hervorgerufene Anpassungserscheinung ist.

Der Wachstumsherd, der Bohrapparat, die Nahrung aufnehmende Zone finden sich alle in der Spitzenregion des Wurzelkörpers vereinigt; mithin haben wir als Haupterkenntnis unserer bisherigen Betrachtungen festzuhalten: die erste Bedingung einer rationellen Pflanzenkultur ist die Erhaltung und Vermehrung der **Wurzelspitzen.**

c) Das Leitungssystem im Wurzelkörper.

Jetzt, nachdem wir den Herd des Spitzenwachstums einer Wurzel kennen gelernt und die Region festgestellt, wo die Aufnahme der rohen Bodenlösung erfolgt, haben wir die Elemente aufzusuchen, in welchen die Leitung des aufgenommenen Wassers mitsamt den Nährstoffen erfolgt. Diese Elemente finden sich im verholzten, älter gewordenen Wurzelteil, der, wie wir uns bei jeder Baumwurzel leicht überzeugen können, aus einem harten, centralen Holzcylinder besteht, um den ein weicher Rindenmantel gelegt ist. Der mittelständige Holzkörper einer jeden Wurzel kommt dadurch zu stande, daß die Elemente, die wir bei G in Fig. 1 bereits angedeutet sehen, sich immer stärker vermehren und zu dicken, kreisförmig gestellten Strängen anwachsen. Diese Stränge nennen wir „Gefäßbündel" oder „Leitbündel". Sie setzen sich bei den Mono- und Dicotylen aus verschiedenen Elementen zusammen, welche teils den Charakter enger oder weiter Röhren (Gefäße) zeigen, teils in Form enger, sehr dickwandiger, langgestreckter Fasern (Holzzellen) auftreten.

Die Röhren setzen sich aus übereinanderstehenden, mit einander verschmolzenen Gliedern zusammen, deren Wandungen in verschiedener Weise durch innere Auflagerung verdickt sind. Diese erst mit zunehmendem Alter des Gefäßes deutlicher sichtbar werdende Auflagerung auf die ursprüngliche Wand (primäre Membran) führt den Namen sekundäre Mem-

bran und erscheint bald als eine fast gleichmäßige innere Verdickung, die nur von einzelnen Poren oder Tüpfeln durchbrochen ist (poröses Gefäß Fig. 2 g), bald als netzartig aufgelagerte Auskleidung, bald mit leiterartig gestellten Querporen versehen oder auch in der Form eines Spiralbandes der Primärwand im Innern aufliegend (Fig. 2 g'). Je nach der Form, in welcher das Gefäß durch die sekundäre Membran verdickt erscheint, bezeichnet man ein solches als Spiralgefäß oder netzartig oder leiterförmig oder ringförmig verdicktes Gefäß. Die Faserelemente, welche zwischen den Röhren liegen und die Festigkeit des ganzen Leitbündelstranges bedingen, sehen wir in Fig. 2 h vertreten; es sind das Holzzellen, welche mit ihren spitzen Enden zwischen einander gekeilt erscheinen und durch den Umwandlungsprozeß (Verholzungsvorgang) ihrer Membran eine große Härte, aber auch eine bedeutende Sprödigkeit erlangt haben.

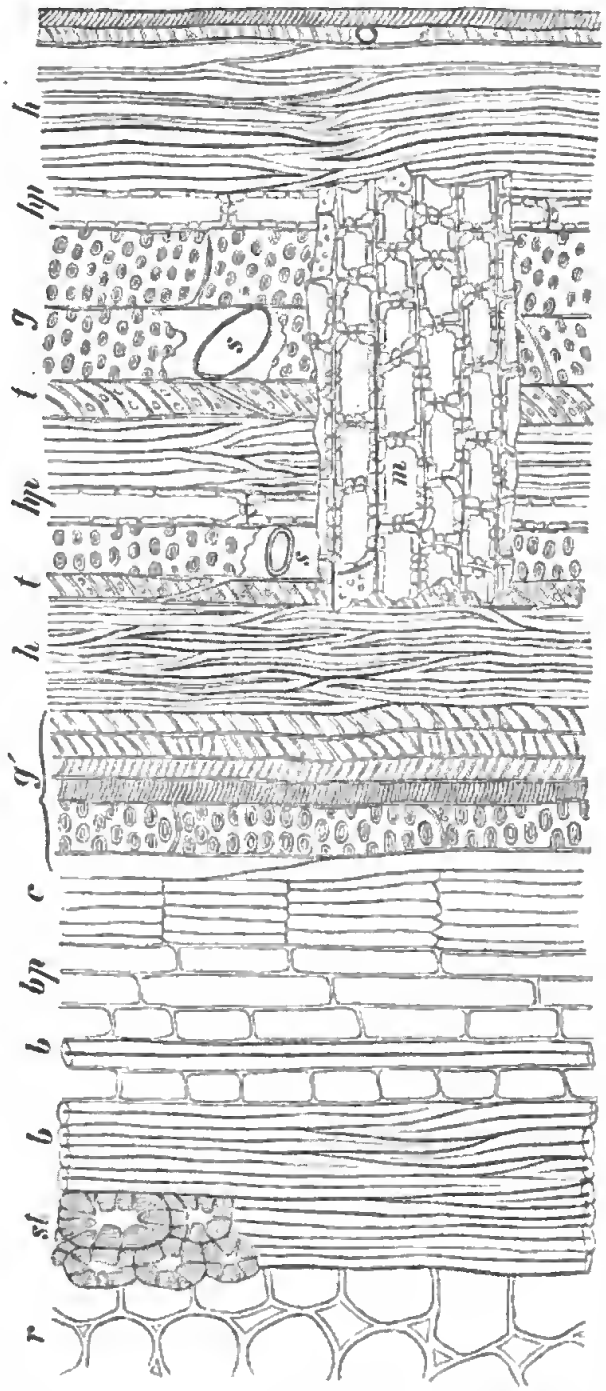

Fig. 2.
Längsschnitt durch den Holz- und Bastteil eines einjährigen Zweiges von Cytisus Laburnum (nach Querfissen).

Durch ihre langgestreckte Gestalt, ihre Verdickung und Zuschärfung

werden sie als „Prosenchym“ von jenen Gewebeformen unterschieden, welche die fleischigen und krautartigen Pflanzenteile zusammensetzen und die aus Zellelementen bestehen, welche etwa 6seitig, dünnwandiger aber inhaltsreicher sind (Parenchym Fig. 1 R und 2 r).

Eine besondere Form des Prosenchyms stellen die Hartbastzellen (Fig. 2 b) dar; sie sind meist bedeutend länger wie die Holzzellen, oft noch dickwandiger als diese, aber biegsam und zähe und laufen in der Rinde der Pflanzenteile parallel den Gefäßröhren des Holzkörpers. Der in der Gärtnerei zum Binden benutzte Bast besteht fast ausschließlich aus derartigen Zellen. In der Regel bilden die Hartbastzellen in der Rinde breite, längsverlaufende Streifen, Gruppen oder Bänder und unter ihrem Schutze verlaufen ebenfalls in der Rinde langgestreckte, dünnwandige, plasmareiche Zellen oder röhrenartige Zellverschmelzungen, welche die Eigentümlichkeit haben, daß einzelne Stellen ihrer Zellwand siebartig durchbrochen sind und dadurch Veranlassung zur Bezeichnung Siebzellen und Siebgefäße gegeben haben. Begleitet werden diese Elemente von meist langgestreckten, stumpf aufeinanderstoßenden Zellen, dem Bastparenchym (Fig. 2 b p). Auch zwischen den Holzgefäßen und Holzzellen finden sich parenchymatische Zellen, die in ihrer Wandung aber dieselbe Veränderung wie die Umgebung erlitten haben d. h. ebenfalls verholzt sind; sie stellen das Holzparenchym Fig. 2 h p. dar.

Die Leitbündel, welche im Pflanzenkörper sich vorfinden, indem sie Wurzel und Stamm aufbauen und von da aus als Adernetz in die Blätter ausstrahlen, zeigen also zwei wesentlich verschiedene Teile, aus denen sie zusammengesetzt sind. Der eine, am stärksten entwickelte Teil besteht aus spröden, verholzten Elementen und stellt den Holzteil (Fig. 2 von g‘ bis hp, h.) des Bündels dar. Der Holzteil führt Gefäßröhren, die engen Holzfaserzellen (Libriform) und das Holzparenchym. Bei den Nadelhölzern sind die erstgenannten Elemente vertreten durch gefäßartig weite, aber an ihren oberen und unteren Enden nicht durchbrochene Zellen von der langen Form der Holzzellen. Diese wegen ihrer Ähnlichkeit mit den echten Gefäßen, welche auch Tracheen heißen, als Tracheïden bezeichneten Zellen zeichnen sich außerdem noch durch eine eigentümliche Art von Wandporen aus, die den Namen gehöfte Tüpfel führen. Die Tracheïden leisten dieselbe Arbeit, wie die Gefäßröhren bei den andern Pflanzen, nämlich dienen als Leitungswege für die aus dem Boden aufgenommene, rohe Bodenlösung, welche zunächst nach den Blättern hin transportiert werden muß, um dort unter dem Einfluß des Lichtes zusammen mit der Kohlen-

säure der Luft zu fertiger Bausubstanz umgewandelt zu werden. Der zweite Teil eines vollkommenen Leitbündels liegt in der Rinde des Pflanzenkörpers und besteht aus den biegsamen, dünnwandigen, inhaltsreichen Siebgefäßen und Cambiformzellen. Dieser zarte Strangteil, dessen Bestimmung es ist, die fertig organisierten, eiweißreichen Baustoffe zu leiten und der auch den Namen „Weichbast" führt, ist meist geschützt durch davorliegende Stränge der dickwandigen Hartbastzellen (b).

Jetzt begreifen wir, weshalb die Gefäßbündel, die wir z. B. als einzelne sehnige Bänder aus dem Blattstiel der großen Wegebreite herauszerren können, von den Anatomen als „Leitbündel" bezeichnet worden sind. Thatsächlich sind diese Bündel oder Mestomstränge, gleichviel ob sie wirkliche Gefäßröhren oder nur Tracheïden enthalten, kompliziert gebaute Strangsysteme, die in ihrem Holzteil die von der Wurzel aufgenommene Rohnahrung bis in die äußersten Enden der Laubkrone führen und in ihrem Weichbastteil die zur Stamm- und Wurzelverdickung nötigen, fertigen Baustoffe aus den Blättern durch die Achse bis in die feinsten Wurzelspitzen zurückgleiten lassen. Die zartwandigen Leitungswege für letztere Stoffe, welche durch äußeren Druck auf den Pflanzenteil leicht gepreßt und verletzt werden könnten, sehen wir deshalb nach außen hin meist von einer Leiste aus Hartbastzellen geschützt.*)

Betrachten wir den so wichtigen Wurzelkörper, den wir in Fig. I im Längsschnitt kennen gelernt haben, jetzt im Querschnitt. Wir wählen als Beispiel eine Monocotyle, nämlich (Fig. 3) die Wurzel der Schalottenzwiebel (Allium ascalonicum) und eine Dicotyle in Fig. 4, der Wurzel der Aurikel (Primula Auricula). In den Abbildungen ist der für unsere augenblickliche Betrachtung nebensächliche fleischige Rindenteil (Fig. I R.) mit seiner Oberhaut und den Haaren weggelassen und nur durch die hellen Parenchymzellen am äußersten Umfange angedeutet. Der Hauptleitungsapparat für das von den Wurzelhaaren aufgesogene und der Rinde zugeführte Nahrungsmaterial ist der mittenständige Holzkörper jeder Wurzel, der die Gefäße enthält, die in Fig. I G. in schmalen Längsstreifen erscheinen. Diese Gefäßröhren, die in Fig. 3 und 4 als dunkelwandige Kreise erscheinen, liegen nicht einzeln in der Wurzel, sondern zu

*) Die früheren Anatomen betrachteten diesen Schutzmantel von Hartbast vor dem Siebteil als zum Gefäßbündel gehörig und bezeichneten den Hart- und Weichbast zusammen als „Phloëmteil", den Holzgefäße führenden Teil samt den Libriformfasern als Xylemteil und beide Teile zusammen als Fibrovasalstrang.

Gruppen vereinigt. Bei der Zwiebelwurzel und vielen andern Monocotyledonen gruppieren sich die Gefäßgruppen wie Strahlen oder die Speichen eines Rades um ein mittelständiges, sehr weites Gefäßrohr (Fig. 3 g), so daß wir also nur ein einziges in 5 Arme oder Platten ausstrahlendes Wurzelgefäßbündel vor uns haben (Fig. 3, 4). Bei der Aurikelwurzel Fig. 4 erscheinen die 7 einzelnen Gruppen der Holzgefäße (g) in einem konzentrischen Ringe um ein weiches, parenchymatisches Mittelfeld geordnet, das einen Markkörper darstellt. Bei den Dicotylenwurzeln ist also häufig an Stelle des centralen, sehr weiten Gefäßrohres ein Markkörper ausgebildet, und es gleicht dann der Wurzelbau dem Aufbau der oberirdischen Achse. Wir dürfen uns nur vorstellen, daß die dunklen Gefäßgruppen (Fig. 4 g) so breit durch Vermehrung der Gefäße und dazwischen liegenden Holzzellen geworden sind, daß sie einander seitlich fast berühren und wir hätten dann einen zusammenhängenden Holzring, wie er in jedem einjährigen Baumzweige uns entgegentritt.

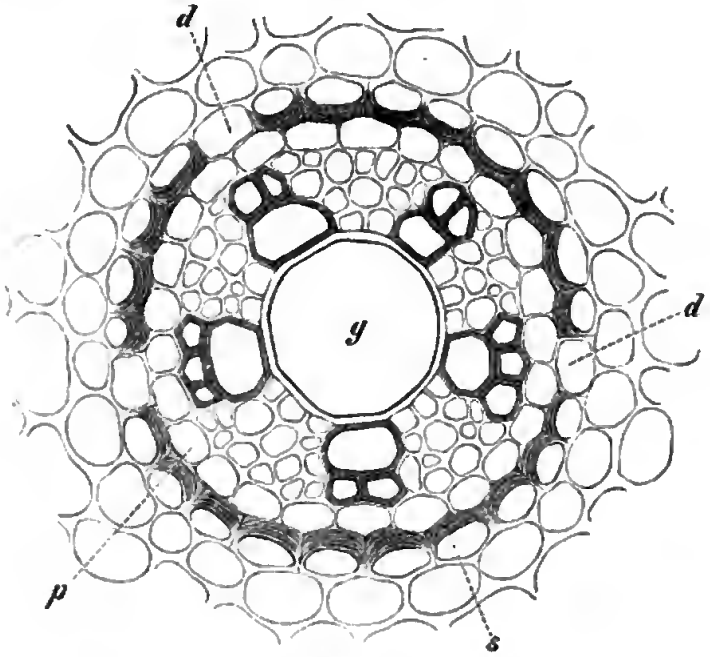

Fig. 3.
Der Gefäßbündelkörper einer Wurzel der Schalottenzwiebel (Allium ascalonicum).
g ist das mittelständige, sehr weite Gefäß, an das sich 5 dunkle Strahlen aus weniger weiten Holzgefäßen anschließen. p Erzeugungsschicht für neue Seitenwurzeln (Pericambium), s Schutzscheide, d Durchlaßzellen (nach Haberlandt).

Zwischen den dunklen Holzgefäßgruppen zeigt uns Fig. 4 s hellere, engere Zellgruppen. Dies sind jene zarteren Leitungswege, die wir als Weichbast (Leptom) bereits erwähnt haben und von denen wir wissen, daß durch die siebförmig durchbrochenen Stellen ihrer Wandung das plastische, zu Bauzwecken verwendbare, fertige Material von der oberirdischen Achse hinabsteigt, um das fortgesetzte Wurzelwachstum zu unterhalten. Es liegen somit die Apparate für die Aufwärtsleitung der rohen Bodenlösung, welche

die Wurzel aufnimmt, neben den Leitungswegen für die von den Blättern herabkommenden, organisierten Baustoffe. Beide Leitungssysteme finden sich umgeben von einem hellen Zellenringe p, dem Pericambium, dessen Aufgabe darin besteht, die ankommenden Baustoffe zu verwerten und neue Zellelemente und Gefäße zu erzeugen. Hier entstehen die ersten Anlagen für die Seitenwurzeln und an solchen Stellen ist dann der dunkle, aus dickwandigen, festen Zellen gebildete Ring, welcher alle Leitungselemente schützt, durchbrochen. Der Ring Figur 3 s, Fig. 4 u führt den Namen Schutzscheide (Endodermis). Diese Scheide kann den Gefäßbündelkörper erhalten, wenn der fleischige Rindenmantel der Wurzel zu Grunde gehen sollte.

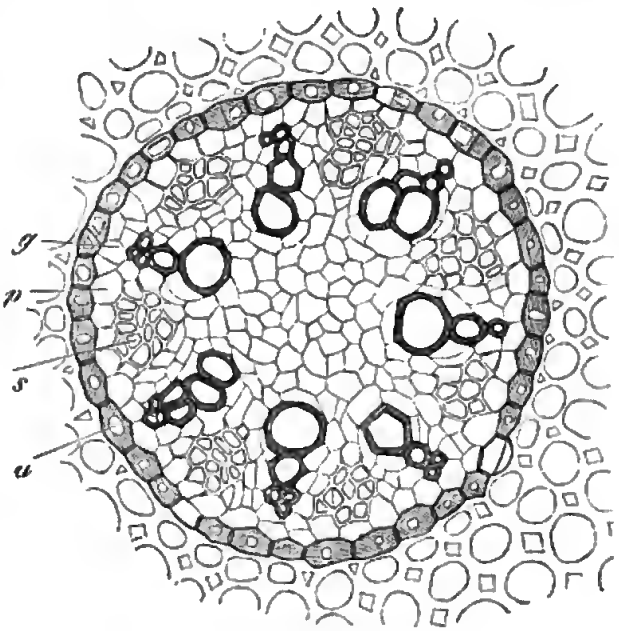

Fig. 4.
Siebenstrahliges Gefäßbündel einer Adventivwurzel von Primula Auricula.
g Holzgefäßgruppen, s Weichbaststränge, p Pericambium, u Schutzscheide (nach de Bary).

Thatsächlich stirbt bei vielen Gramineen und andern Monocotyledonen die fleischige Rinde frühzeitig ab und dann funktioniert die Wurzel unter dem Schutze der Endodermis weiter.

Was aber in der vorliegenden Wurzel vom Allium ascalonicum (Fig. 3) von besonderer Wichtigkeit ist und hervorgehoben werden muß, das ist die Unterbrechung des Schutzringes durch die dünnwandigen Zellen (Fig. 3 d), welche jedesmal gerade dort zu finden sind, wo eine Gruppe von Holzgefäßen liegt.

Bedenken wir nun, daß diese dünnwandigen Zellen durch ihre Wandungen mit Leichtigkeit Lösungen hindurchtreten lassen werden, während die dickwandigen durch die Verkorkung ihrer Membranen undurchlässig sind, so finden wir in diesen Zellen d die Durchlaßstellen für alles dasjenige von den Wurzelhaaren aufgenommene und in die Rinde übergetretene Nahrungsmaterial, das bestimmt ist, in die Gefäße zu gelangen und in diesen in die Höhe nach dem Stamm hin gepreßt und gesaugt zu werden.

d) Der Leitungsvorgang.

Mit der Erkenntnis der Durchlaßzellen durch den die Wurzel festigenden Schutzscheide-Ring haben wir einen genügenden Einblick in den Bau des Wurzelapparates gewonnen und können nun zur Betrachtung der physikalischen Vorgänge übergehen, welche unzweifelhaft bei der Leitung der Rohnahrung, wie sie der Boden liefert, in die Wurzel hinein und in derselben in die Höhe nach den Blättern hin wirksam sein müssen.

Bevor wir jedoch die Leitungsprozesse ins Auge fassen, wollen wir uns Fig. 1 noch einmal vergegenwärtigen. Das dort dargestellte junge Würzelchen erscheint uns nun als ein aus verschiedenen Systemen zusammengesetzter Apparat. Zunächst unterscheiden wir den eigentlichen Wurzelkörper, der seinen Hauptwachstumsherd für die Verlängerung in der Spitzenregion bei D, P und Pl zeigt. Dort befinden sich die Zellen in dem meristematischen Zustande, wie ihn Fig. 5 darstellt.

Diese Zellen sind noch sehr dünnwandig und gänzlich ausgefüllt mit jener eiweißreichen und dem Hühnereiweiß ähnlichen Grundsubstanz, dem Protoplasma. In dieser Masse eingebettet erkennen wir einen dichteren, eiweißreichern Ballen, den Zellkern oder nucleus (Fig. 5a) und in diesem noch stärker lichtbrechende Körperchen, die Kernkörperchen oder nucleoli (Fig. 5b). Diese zarten meristematischen, durch Teilung sich vermehrenden und damit das Material zum Wurzelwachstum liefernden Zellen sehen wir immer größer und heller werden, je weiter sich dieselben bereits von der Spitze entfernt haben. In der Höhe, wo die ersten Wurzelhaare abgehen, zeigen die Zellen der Region R in Fig. 1 bereits den Charakter der rechtsliegenden Zelle von Fig. 6. Hier füllt die zähflüssige Masse des Protoplasma nicht mehr den größer gewordenen Innenraum (Lumen) der Zelle gänzlich aus. Zwar kleidet es noch als dichter Wandbelag (Primordialschlauch) die Zelle im Innern aus — eine Er-

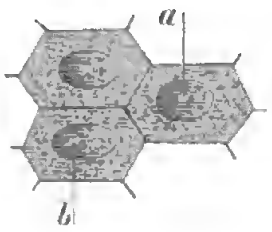

Fig. 5.
Junge Zellen mit Zellkern.
a Zellkern, b Kernkörperchen.

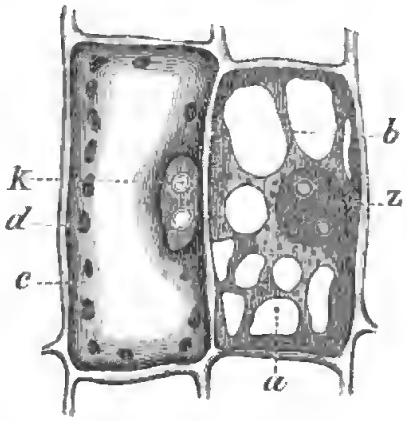

Fig. 6.
Jugendliche Parenchymzellen.

ſcheinung, die in jeder Parenchymzelle nachweisbar iſt, ſo lange dieſelbe lebt — aber im Innern hat die teigige Maſſe bereits Hohlräume (Vacuolen) (Fig. 6 a) bekommen, welche mit einer wäſſrigeren Flüſſigkeit erfüllt ſind. Je größer die Zelle wird, deſto mehr wachſen an Zahl und Größe die Hohlräume, deſto dünner werden die Plasmamaſſen zwiſchen den Vacuolen, bis ſchließlich nur noch dünne Plasmaſtränge den inneren Zellraum durchziehen und den Zellkern (Fig. 6 z) ſchwebend wie eine Spinne im Netze erhalten. Endlich reißen auch dieſe Stränge (Fig. 6 b); das Zellinnere wird ein gleichmäßiger Saftraum und der Zellkern mit ſeinen Kernkörperchen (Fig. 6 k) iſt an die Wandung geglitten, die vom Plasmaſchlauch (Fig. 6 c) gleichmäßig austapeziert erſcheint.

In dieſem Zuſtande des Zellenlebens, wie wir ihm in den älteren Teilen der Wurzelrinde begegnen, iſt nun Raum geſchaffen zur Ablagerung ſpäter auftretender, anderer Inhaltsſtoffe. Solche zeigen ſich z. B. in Form von Stärke, die von den Stengelteilen herabwandert und als Reservematerial anzuſehen iſt, welches die Pflanze ſich einſtweilen aufhebt, wenn das Laub mehr Baumaterial bildet, als augenblicklich verbraucht werden kann. Bei den Zellen, welche den oberirdiſchen Teilen angehören und ſpäter ergrünen, entſtehen die grünen Farbſtoffkörperchen (Chlorophyllkörner) in dem Plasmaſchlauch, wie dies Fig. 6 d andeutet.

Infolge der Einlagerung von Stärkekörnern in den Innenraum der Zelle ſehen wir bei manchen Wurzeln, wie z. B. bei den Mohrrüben die Rinde ſchneeweiß und im Herbſt vollgepfropft mit Stärke und wir erkennen ſomit, daß das Rindengewebe der Wurzeln als ein Speichergewebe zu betrachten iſt. Die Speicherung iſt manchmal ſehr ſchnell vorübergehend und oftmals auch nur auf eine einzige Zellenlage, die das Gefäßbündel wie eine Scheide umgiebt, beſchränkt. Man ſpricht in dieſem Falle von einer Stärkeſcheide oder, falls dieſelbe Zucker enthält, von einer Zuckerſcheide.

Die Speicherthätigkeit der Parenchymzellen der Wurzelrinde zeigt ſich vornehmlich da, wo die Wurzelhaare bereits abgeſtorben ſind und die Wurzeloberhaut nur noch derbwandig und wenig aufnahmefähig iſt. Demnach gliedert ſich jeder Wurzelkörper in drei Querzonen von ſehr verſchiedener Ausdehnung. An der Spitze, geſchützt von der vielzelligen Wurzelhaube, liegt die Zone der Zellvermehrung zwecks Verlängerung des Wurzelkörpers; dahinter kommt in allmählichem Übergange die Region der Zellſtreckung, wobei ein Teil der Oberhautzellen zu Haaren ſich ausſtülpt, welche die Aufſaugung (Abſorption) der Bodenlöſung übernehmen. Die aufgeſaugte

Lösung wandert durch die jugendlichen Rindenzellen nach dem Gefäßcylinder hin, in dessen Röhren die aufgenommene Bodenlösung nach oben steigt. Hinter der Absorptionsregion endlich beginnt die dritte Querzone, die bis an die Ansatzstelle der Wurzel zurückreicht und den vollkommen ausgewachsenen Teil des Wurzelkörpers umfaßt. Hier tritt das Aufnahmevermögen der Wurzel fast gänzlich zurück und die parenchymatischen Gewebe des Organs dienen nur noch als Speicher für das von den beblätterten oberen Teilen herabwandernde, fertig organisierte Material, für die Reservestoffe.

Von diesen drei Zonen des Wurzelkörpers ist unzweifelhaft für den Gesamthaushalt der Pflanze die Mittelzone, in der sich die Aufnahme der Bodenlösung hauptsächlich vollzieht, die wichtigste. Sie ist in unserer Figur 1 durch das Auftreten der Wurzelhaare gekennzeichnet. Wir dürfen dabei aber nicht vergessen, daß die Haarausstülpungen der Oberhautzellen durchaus kein absolutes Erfordernis für die Aufsaugungsthätigkeit sind, sondern daß auch die einfach tafelartig aneinandergereihten Zellen einer glatten Epidermis Bodenlösung aufnehmen werden; nur wird das Quantum natürlich viel geringer sein als bei einer solchen Zelle, die durch ihre schlauchförmige Ausstülpung zum Haar ihre Oberfläche um das Hundertfache bisweilen vergrößert.

Jede Zelle der aufsaugenden Wurzeloberhaut ist ein geschlossenes Kämmerchen; dennoch dringen, sobald Bedarf in der Pflanze vorhanden, das Bodenwasser und die in ihm gelösten Stoffe durch die Zellhaut hindurch in das Innere der Wurzeloberhautzelle. Diese Art des Hindurchtretens gasartig- oder tropfbar flüssiger Körper durch eine unverletzte Membran wird Membrandiffusion genannt und damit erklärt, daß die Zellwand, sowie alle übrige organische Substanz aus kleinsten Formbestandteilen (Micellen) aufgebaut ist, welche aber nicht absolut dicht aufeinander liegen, sondern kleinste, mit unsern besten optischen Hilfsmitteln nicht wahrnehmbare Zwischenräume (Micellarinterstitien) zwischen sich frei lassen. Diese Interstitien machen jede Membran zu einem allerfeinsten Filter und bilden den Weg für alle Körper, welche so klein sind, um durch diese Zwischenräume hindurch gehen zu können und welche vom Zellinhalte angezogen werden.

Als ein Anziehungscentrum ist in jeder Zelle der eigentliche, aus eiweißähnlicher Substanz (Protoplasma) gebildete Zellenleib anzusehen. Je reicher an Protoplasma eine Zelle ist, desto stärker wird ihr Stoffbedürfnis und ihr Anziehungsbestreben sein. Da die Innenzellen der Rinde

plasmareicher als die Außenzellen sind, so bilden sie stärkere Anziehungscentren und begründen damit einen Strom in der Richtung auf die Gefäßröhren. Diese sind von ihrer Jugend an bis in das spätere Lebensalter hinein mit Wasser ganz oder teilweis gefüllt; sie bilden, wie wir gesagt haben, eine mannigfach gewundene aber doch zusammenhängende Röhrenleitung bis hinauf in die Blätter und geben dort nach Bedürfnis in die umgebenden grünen Blattzellen Wasser und rohe Nährstoffe ab. Die Blätter verlieren große Mengen Wasser durch die tägliche Verdunstung und die Gefäße müssen den Ausfall decken, indem sie von unten nachsaugen.

Wir sehen somit im Gefäßkörper der ganzen ober- und unterirdischen Achse einen sehr energischen Saugvorgang in Thätigkeit. Derselbe greift zurück bis in die Region der Wurzelenden, wo die Zone der aufnehmenden Rinde sich befindet. Dort bleibt die Wasserbewegung sehr lebhaft. Die parenchymatischen Zellen, welche an die Gefäßröhren anstoßen, sind durch ihren reicheren Zellinhalt in der Lage, sich reichlichst aus der Umgebung mit Wasser, beziehungsweise roher Bodenlösung zu versorgen. Der Wasserreichtum macht sie saftstrotzend und in diesem Zustand der strotzenden Fülle (Turgescenz) drückt natürlich der Inhalt von innen her auf die Wandung. Wenn an eine solche turgescente Zelle ein wasserarmes Gefäß grenzt, wird leicht an der Berührungsfläche Wasser in das Gefäß hineingepreßt. Da Hunderttausende von derartigen Zellen die Gefäßröhren der Wurzeln umgeben und ihre überschüssigen Wassermengen in den Gefäßkörper hineinpressen, so muß sich in dem ganzen Gefäßsystem des Wurzelkörpers ein Druck herausbilden, der die Wassersäulen in den Röhren nach dem Stamme hinauf preßt. Ein derartiger Druck (Wurzeldruck) ist wirklich vorhanden und oft von einer ungeahnten Mächtigkeit. Bei dem Weinstock beispielsweise ist der Wurzeldruck so stark beobachtet worden, daß das aus der Schnittfläche am Wurzelhalse herausgepreßte Wasser eine Quecksilbersäule von 1 Meter Höhe nach aufwärts preßte.

Der Wurzelapparat funktioniert also fortwährend auch als sehr energische Druckpumpe. Freilich kommt die Wirkung dieser Druckvorrichtung nicht immer in so energischer Weise zur Geltung, daß man bei dem Abschneiden eines Stammstückes beträchtliche Wassermengen tagelang aus der Schnittfläche hervortreten sieht (Bluten der Pflanzen), wie dies bekanntlich beim Weinstock der Fall ist. Eine starke Weinrebe lieferte am ersten Tage nach dem Anschneiden etwa 1 l Blutungssaft. Wasserreichtum des Bodens und beschränkte Verdunstung erhöhen den Wurzeldruck; die entgegengesetzten Verhältnisse schwächen ihn. Unter Umständen ist er so stark, daß er das

tropfbar flüssige Wasser aus Blattspitzen und Blattzähnen hervorpressen kann. Eine häufige Erscheinung dieser Art tritt im Herbst in Warmhäusern, die über Nacht starke Abkühlung erfahren und in Kalthäusern, die noch nicht geheizt werden, ein. Man sieht an den Spitzen und Blattzähnen von Aroideen (namentlich Calla aethiopica), an Gräsern und Fuchsien, Pelargonien ꝛc. Wassertröpfchen hervortreten.

Die durch die Blattverdunstung funktionierende Saugpumpe und die durch den Wurzeldruck eingerichtete Druckpumpe ergänzen einander gegenseitig bei dem Wassertransport in den Gefäßröhren. Wenn die Blätter schwach saugen, preßt der Wurzeldruck das Wasser um so stärker in den Stamm hinein. Dieselbe Druckgröße wird um so energischer das Wasser in den Gefäßen in die Höhe treiben, je geringer der Reibungswiderstand in den Organen selbst ist. Und dieser Widerstand schwächt sich mit der zunehmenden Weite der Röhren. Daher sehen wir, daß bei Schlingpflanzen (Vitis, Tecoma u. s. w.), wo das Wasser schnell in großen Massen auf weite Wege in den langen Stengeln transportiert werden muß, sehr weite Gefäße sich vorfinden.

Bei engen Gefäßröhren erlangt aber eine andere Kraft erhöhte Wirksamkeit, nämlich die Haarröhrchen-Anziehung (Kapillarität). Durch die Anziehung des Wassers seitens der Gefäßwandungen sehen wir dasselbe in engen Röhren in die Höhe kriechen und oftmals in langen Streifen festgehalten, wenn unten in der Röhre sich Luft eingefunden hat. Es kommen dann unterbrochene Wassersäulen zustande, das Gefäß zeigt sich dann erfüllt von kleinen Wasserstreifen, auf welche ein Luftstreifen folgt, mit dem wieder ein kleiner Wasserfaden abwechselt (Jaminsche Kette).

Diese Kettenvorrichtung, die namentlich bei starker Verdunstung des Stammes ohne genügenden Wassernachschub von seiten der Wurzelspitzen sich einstellen muß, ermöglicht, daß geringe Wassermengen in der ganzen Länge des Röhrensystems verteilt bleiben und bei großem Durst der oberirdischen Organe allenthalben noch aushelfen können, also vor dem Verdorren schützen. Dies wäre nicht möglich, wenn der Wasserrest in den Gefäßen einfach an den Grund der Röhren zurücksinken würde. Außerdem werden die kleinen Wassermengen innerhalb der Gefäßröhren durch die Herstellung der Jaminschen Kette auch leicht verschiebbar, kommen also den durstenden Zellen in verschiedenen Stammhöhen zu Hilfe. Wenn nämlich die Temperatur außerhalb und allmählich auch innerhalb des Pflanzenteils steigt, dehnen sich die Luftblasen in den Gefäßen aus und schieben die vor ihnen liegenden Wasserblasen in die Höhe.

Während also die Saug- und Druckpumpen in dem Leitungssystem bei dem schnellen Transport großer Wassermengen hauptsächlich in Wirksamkeit sind, sehen wir die Kapillarität und die Einrichtung der Jaminschen Kette besonders hilfreich bei Wasserarmut im Pflanzenteil. Nebenher geht natürlich ergänzend, langsam aber bis zu den Zeiten der allergrößten Wassernot aushaltend ein kontinuierlicher *Wasseraustausch innerhalb der Zell- und Gefäßwandungen* selbst. Das in den Micellarinterstitien der Membranen festgehaltene Wasser kann von der Wandung eines eng angekitteten anderen, bedeutend trockeneren Gefäßes zum Teil angezogen werden: die Feuchtigkeit verteilt sich auf die beiden verbundenen Organe gleichmäßig; wenn der Inhalt nichts mehr hergeben kann, helfen die Wandungen einander aus. Das bezieht sich nicht nur auf den Gefäßteil, sondern auf alle Elemente des Holzkörpers.

Wir können diesen Abschnitt unserer Betrachtung nicht eher verlassen, als bis wir auch den Klappenapparat der obenerwähnten Saug- und Druckpumpen kennen gelernt haben. Diese Klappenvorrichtung findet sich bei dem wasserleitenden Gewebesystem in Form verdünnter Wandungsstellen vor, die als *Hoftüpfel* oder *gehöfte Poren* bezeichnet werden.

Bei allen Gewebeelementen, welche den Pflanzenkörper zusammensetzen, erkennt man, wie oben bereits angedeutet, mit Leichtigkeit, daß die nur einigermaßen stärker entwickelten Wandungen aus zwei stofflich verschiedenen Lagen sich zusammensetzen. Man unterscheidet eine äußere, schmale, feste, zuerst entstandene Wandschicht (*primäre Membran*) und eine im Innern aufgelagerte, weniger widerstandsfähige, gleichsam als innere Auspolsterung der Zellkammer dienende, dickere Wandschicht, die später entstanden ist und darum *sekundäre Membran* genannt wird. Letztere hat an ihrer Gesamtinnenfläche nicht überall gleichmäßige Dicke, sondern zeigt bald sehr kleine, bald sehr ausgedehnte Unterbrechungen. An solchen Stellen ist der *Verdickungsprozeß der Zellmembran*, der sich immer einstellt, wenn eine Zelle aus dem Zustande der allerersten Jugend in die bleibende Form des Dauergewebes übergeht, mangelhaft gewesen oder ist gar nicht eingetreten. Erscheinen diese Stellen als kleine Löcher in der auspolsternden Sekundärmembran, so nennt man die Zellen oder das Gefäß „*getüpfelt*“ oder „*porös*“; sind die Löcher in der Sekundärmembran zahlreich, so daß die auskleidende Innenmembran nur noch maschenartig auf der Primärhaut ausgebreitet liegt, so spricht man von netzartig verdickten, ferner von leiterartig, ringartig, spiralig oder schraubig verdickten Elementen, wenn die Sekundärmembran in Form von

Ringen oder eines Schraubenbandes u. dgl. der primären Membran innen aufliegt.

Einen Begriff von der Entstehung der Wandverdickungen erlangen wir bei Betrachtung der weiten, angeschnittenen Röhre in Figur 7 (unteres g). Die Figur stellt einen Längsschnitt durch einen Teil des Holzkörpers,

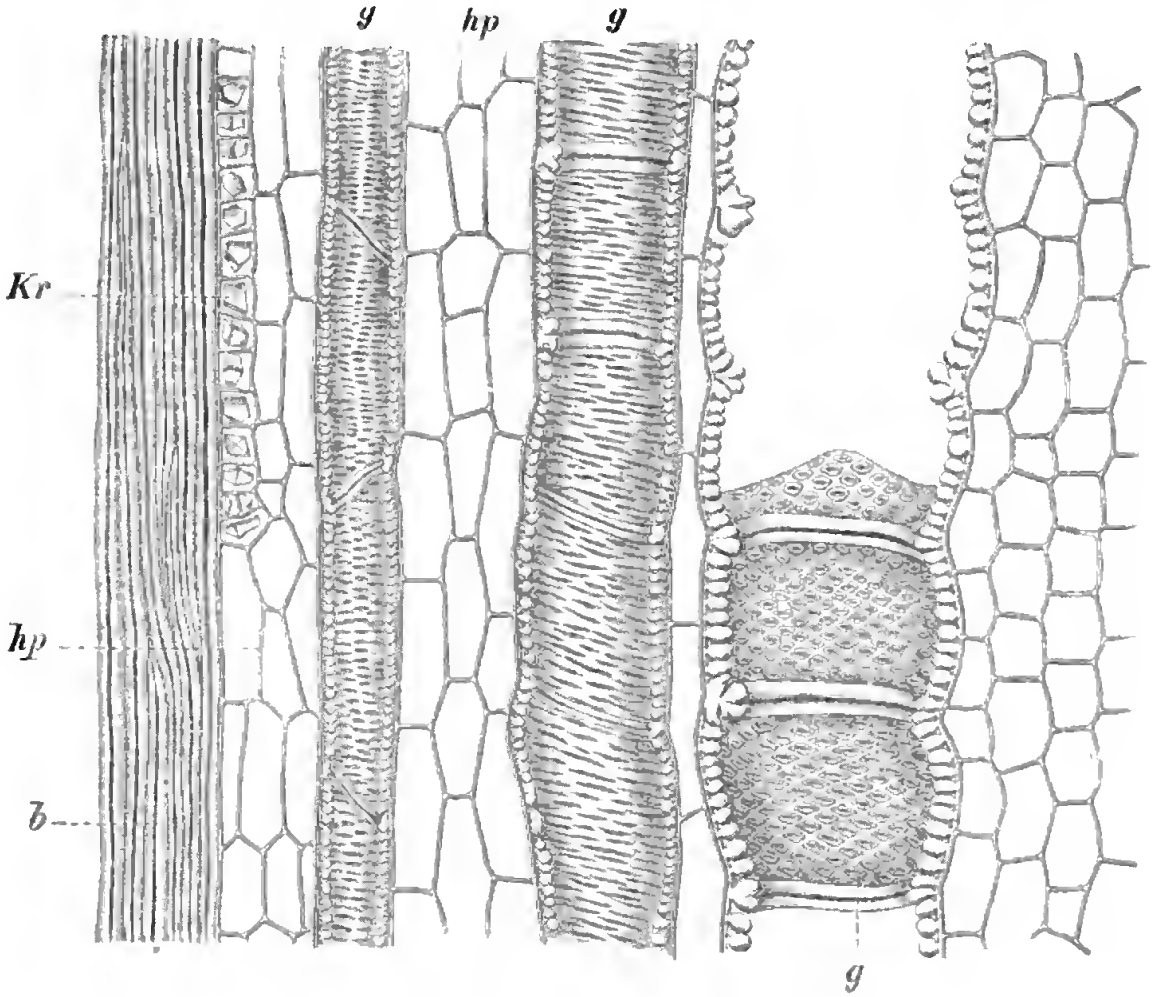

Fig. 7.

Längsschnitt durch den Holzteil eines Ausläufers von Glycyrrhiza glabra. g Gefäße mit Spaltentüpfeln. h p Holzparenchym. b Holzfaserzellen (nach Tschirch).

eines Ausläufers des Süßholzes dar; links liegen die eng ineinander gekeilten Holzfaserzellen (b), an welche ein Streifen von Holzparenchym (h p) stößt. Derselbe wechselt ab mit einem Strange enger, poröser Holzgefäße (g), denen wiederum Holzparenchym h p folgt; nach rechts schließt sich daran ein sehr weites, geschlossenes Gefäßrohr (g), das wir von der Außen-

fläche sehen. Hier erscheinen die verdünnten Stellen als etwas spiralig aufsteigend gestellte, einfache, spaltenförmige Tüpfel oder Poren. Wie eine solche Zeichnung auf der Wand des Gefäßrohrs zustande kommt, wird uns klar, wenn wir in das Innere eines solchen Gefäßes blicken können, wie es das vorn angeschnittene, in der Zeichnung am weitesten nach rechts liegende Gefäß (unteres g) gestattet. Zunächst erinnert uns das Bild noch an die Entstehung der Gefäße aus übereinandergestellten Zellen; denn wir sehen noch die einzelnen tonnenförmigen Glieder, deren breite Ränder ringförmig am Innenrande des Gefäßes herum laufen. Jedes Ringband besteht aus zwei hellen Wülsten, die durch eine schwarze Linie getrennt sind. Letztere entspricht der bei der Entstehung dieser Elemente zuerst angelegten Zellhaut (Primärmembran), auf welche sich nun die hellen Verdickungsleisten (sekundäre Membran) allmählich aufgelagert haben. Dieselbe Verdickungsschicht hat sich aber am übrigen Teil des Rohres nicht so gleichmäßig aufgelagert, wie dies bei den eben besprochenen ehemaligen Querwänden der Fall gewesen, sondern sie ist durchgängig von kleinen, *trichterförmigen* Poren durchsetzt, was man am besten erkennt, wenn man die nach oben hin allein stehen gebliebenen Wandungsstreifen betrachtet. Dieselben sehen aus, als bestünden sie aus einer schmalen, zusammenhängenden Außenwand, auf der gestielte Perlen sitzen. Die perlenartigen, hellen Erhebungen sind die Schnittfläche der inneren, von aneinanderstoßenden Poren durchsetzten Tapete der sekundären Membran und die Zwischenräume zwischen den scheinbaren Perlen sind die Poren selbst, deren trichterförmige Erweiterung auf den schmalen, hellen, äußersten, gemeinsamen Streifen, der Primärmembran, aufstoßen. Daraus sieht man, daß in dem Gefäßrohr die Poren nicht wirkliche Löcher darstellen, sondern nur Löcher in der inneren Auskleidungsschicht sind, die durch die ursprüngliche, dünne, erste Wand des Rohres geschlossen bleiben.

Der Verdickungsprozeß beim Älterwerden der Zellelemente ist eine unabweisbare Notwendigkeit. Wie sollte sich denn ein solcher Koloß von Millionen über- und nebeneinander gelagerter Bausteine tragen können, wenn diese Bausteine im weichen Jugendzustande blieben? Das ganze Gebäude würde durch die eigene Schwere zu einem formlosen Haufen zusammensinken. Deshalb müssen die einzelnen Zellkammern und Gefäßröhren innerhalb *ausgesteift* werden und dies geschieht durch die verschieden sich ausbildende Sekundärschicht der Zellmembran. Daß dieselbe aber nicht gleichmäßig wie eine Tapete die Zelle im Innern auskleidet, sondern Poren und größere Flächen frei läßt, ist auch wieder sehr nützlich; denn durch

die verdünnten Stellen der Membran wird der Wasserstrom mit Leichtigkeit gelangen können, während an den dicken Teilen der Zellwand der Durchgang mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist.

So sehen wir also im Bauprinzip der einzelnen Zelle wohlweislich beiden Haupterfordernissen, nämlich dem Festigungsbedürfnis und der Ernährungsfähigkeit, Rechnung getragen.

Der Bau der Wandung läßt aber noch mancherlei andere höchst nützliche Einrichtungen erkennen und zu diesen gehören die als behöfte Tüpfel (siehe Fig. 7 das weiteste Gefäß) bezeichneten Ventile, welche die Größe des von Gefäß zu Gefäß wandernden Wasserstromes regulieren. Zunächst haben wir die Thatsache festzuhalten, daß bei zwei nebeneinanderliegenden Gefäßen immer gerade dort eine verdünnte Stelle, ein Tüpfel, auftritt, wo bei dem andern Element sich ebenfalls ein solcher befindet; die Tüpfel korrespondieren miteinander, was bei Fig. 7 nicht angegeben ist, weil an das weite Tüpfelgefäß kein zweites Rohr anstößt, sondern Parenchymzellen daran grenzen. Der Wasserstrom hat also, um von einer Zelle in die andere zu gelangen, nur die feine, als zartes, beiden Zellen gemeinsam erscheinendes Häutchen ausgebildete Primärmembran, welche die beiden aneinanderstoßenden Poren trennt, zu durchdringen. Die Verbindung zweier poröser, nebeneinander liegender Gefäße oder gefäßartiger Zellen gleicht nun einem Zimmer, das durch eine ausgespannte Leinwand in zwei Teile (Zellen) abgeteilt ist. Dabei erweist es sich als nützlich, die Leinwand dicker zu machen und sie wird auf beiden Seiten mit Kalk beworfen; damit jedoch eine bequeme Kommunikation noch bleiben kann, werden während des Kalkbewurfs einzelne Stücke von Glasröhren und teilweis auch Glastrichter ohne Röhre beiderseits in gleicher Höhe auf die Leinwand gehalten, so daß der Kalk die dadurch geschützten Räume nicht überziehen kann und rings um dieselben erstarrt. Wenn die schützenden Glasvorrichtungen nun zerschlagen und herausgenommen werden, ist die Wand für ihren Zweck fertig; sie hat dann Poren (Tüpfel) in dem Kalkbewurfe beiderseits und im Grunde dieser Tüpfel ist nur die ursprüngliche Leinwand sichtbar. Da wo auf beiden Seiten der Leinwand ein Glasrohr aufgesetzt gewesen, erweist sich der gesamte Kanal als ein Cylinder; aber dort, wo zwei abgebrochene große Glastrichter mit ihren weitesten Öffnungen gegeneinander auf jeder Seite der Leinwand aufgedrückt worden waren, erweist sich der Verbindungskanal auf beiden Seiten nach dem Innern jeder Zimmerhälfte hin verengt, in seiner Gesamtheit also etwa wie ein linsenförmiger Hohlraum, durch welchen quer die ursprüngliche Leinwand gespannt geblieben ist.

Faßt man nun von einer Seite mit der Hand in den trichterförmig sich erweiternden Kanal und drückt die Leinwand nach dem andern Zimmer hinüber, so kann man, wenn die Leinwand sich genügend ausdehnt, mit der Faust soweit nach der andern Seite kommen, daß schließlich die Hand nicht mehr weiter kann, weil der Kanal nach der andern Seite hin sich doch auch wieder trichterförmig verengt. In diesem Falle schließt die Faust den Verbindungsweg ab.

Bei dem ursprünglichen Kalkbewurf der Leinwand ist aber eine kleine Masse Kalkbrei durch die enge Trichteröffnung doch auf die Leinwand beiderseits gespritzt worden und erhärtet; die ausgespannte Leinwand trägt somit in ihrer Mitte eine erhärtete Scheibe, und wenn diese nun statt der Faust von einer Seite nach der andern hingedrückt wird, so kommt sie alsbald in die enge Region des trichterförmigen Kanals und verschließt dieselbe.

In unserem etwas rohen Bilde sind die beiden Hälften des Zimmers zwei benachbarte Zellen (Fig. 8), die Leinwand ist die primäre Membran (o), der Kalkbewurf die sekundäre Verdickung (s u. s^I), der trichterförmig nach der andern Zelle sich ausweitende Hohlraum der Tüpfelkanal (c), die ausgespannte Leinwand im Tüpfelraum bildet die Schließhaut des Hoftüpfels und die kleine Kalkscheibe auf der Leinwand entspricht dem Deckelchen dieser Schließhaut (torus) t. Wenn nun in zwei nebeneinander liegenden Elementen des trachealen Systems, also z. B. in zwei Tracheïden (gefäßartigen Zellen) gleiche Wasserverteilung herrscht, bleibt die Schließhaut in ihrer ursprünglichen mittleren Ruhelage und durch den unverdickten Schließhautteil diffundiert mit Leichtigkeit so viel Wasser bei etwaigen kleinen Überschüssen in der einen Zelle, daß das Gleichgewicht in der Wasserverteilung stets in kür-

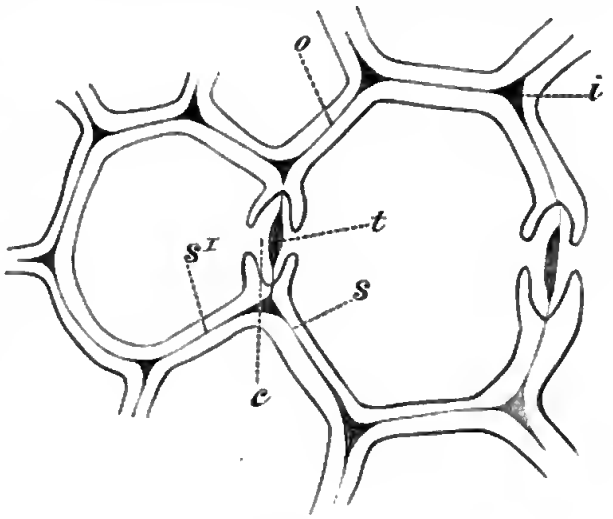

Fig. 8.

Zwei Tracheïden im Querschnitt.

o primäre Membran, s und s^I sekundäre Membran, i Intercellularraum, t Deckelchen des Hoftüpfels, c Tüpfelkanal.

zester Zeit hergestellt ist. Ein solch ruhiges Funktionieren des Klappenventils wird man beispielsweise bei denjenigen Hölzern annehmen, die gar keine echten Gefäße (Tracheen) besitzen, wie bei den Nadelhölzern, deren Holzkörper nur aus Fasertracheïden d. h. aus Elementen von Gestalt der Holzzellen mit reihenweis gestellten Hoftüpfeln aufgebaut ist (Fig. 9). Wir sehen hierbei die Tüpfel von der Fläche aus, wobei der gänzlich freie Teil des Kanals (t Fig. 8) den hellen Innenkreis darstellt, der unter den Vorsprüngen der sekundären Membran belegene Teil c den minder hellen Hof bildet. Dadurch unterscheidet sich das Holz der Koniferen von dem der dicotylen Gewächse, die stets ausgebildete Gefäßröhren haben. Bei letzteren ist der Fall gewiß kein seltener, daß im Sommer die Blätter so stark den Holzröhren Wasser entziehen, daß dieselben fast gänzlich wasserleer und statt dessen mit Luft erfüllt sind. Dauert dieser Zustand der Wasserarmut längere Zeit, so laufen zunächst die feinen Schließhäutchen der Tüpfel Gefahr, auszutrocknen und damit ihre Wasserleitungs-Thätigkeit zu verlieren; in dem nach dem Gefäßinnern sich trichterförmig verengenden Tüpfelkanal hält sich aber das Wasser capillar fest, wenn das Gefäßrohr längst schon wasserleer ist und verhütet somit für lange Zeit die Gefahr der Zerstörung des Ventils. Füllt sich dann ein Rohr mit Wasser, während das andere noch wasserleer ist, so entsteht in dem gefüllten Rohr ein Überdruck; derselbe stülpt nun nach dem leeren Gefäße hin die Schließhaut aus, dehnt sie dabei und vergrößert auf diese Weise die dünne Durchtrittsfläche für das Wasser. Findet die Füllung des einen Gefäßes plötzlich und mit sehr großer Heftigkeit statt (wenn z. B. die Luft in einem Gefäße sehr stark verdünnt ist),

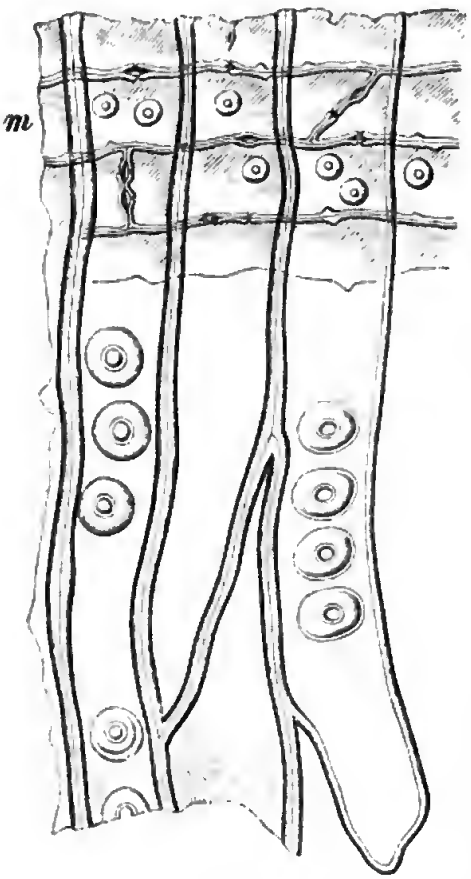

Fig. 9.

Feines Fichtenholzspänchen, bestehend aus Fasertracheïden mit behöften Tüpfeln, die wir von der Fläche sehen.

m sind die querlaufenden Markstrahlzellen, an deren Berührungsflächen einzelne querdurchschnittene Tüpfel als linsenförmige Hohlräume kenntlich sind.

dann kann der Wasserdruck so groß werden, daß er die Schließhäute sprengen könnte. In diesem Falle wendet das Deckelchen der Haut die Gefahr ab; sobald die Haut so tief nach der andern Seite in den Kanal hineingestülpt ist, daß der Deckel an die Trichterwand sich anpreßt, wendet sich der Wasserdruck gegen den eingepreßten, festen Deckel und dieser hält jeden Druck aus. So schützt sich der Klappenapparat von selbst gegen Gefahren.

Dieses nützliche Klappensystem sehen wir nur zwischen zwei wasserleitenden Elementen ausgebildet; stößt dagegen ein Gefäßrohr gegen stoffleitendes oder speicherndes Parenchym, so bildet sich der Hoftüpfel nur einseitig in der Wand des Gefäßes aus. Wenn die angrenzenden Parenchymzellen dauernd wasserstrotzend sind, während das Gefäßrohr wasserarm oder gar lufterfüllt bleibt, dann kann der hohe Turgor (Innendruck) der Parenchymzellen die Wand derselben blasenartig durch den Tüpfelkanal in das Gefäß hinein ausstülpen und das Rohr füllt sich auf diese Weise von allen Seiten her mit Zellenaussackungen, die sich durch Querwände von den Mutterzellen abgrenzen und das Gefäß verstopfen. Diese Füllung der Gefäße mit blasenartigen Zellenausstülpungen (Thyllenbildung) tritt namentlich bei Verletzungen des Holzkörpers ein und schützt die Wundfläche vor tief eingreifenden Schädigungen durch die Atmosphärilien.

Fassen wir noch einmal kurz die Resultate dieses Abschnittes zusammen. Die Gefäße und gefäßartigen Zellen, also alle trachealen Elemente sind in der Jugend wasserführend, können später durch die Verdunstung des Laubkörpers vorübergehend entleert und dann wieder durch Hineinpressen von Wasser aus dem umgebenden Parenchym gefüllt werden. Bei der Entleerung der Röhren muß die zurückbleibende Luft das Rohr ausfüllen; dabei verdünnt sich dieselbe in hohem Grade und saugt, wenn das Gefäß unter Wasser geöffnet wird, dasselbe mit großer Vehemenz in die Höhe (negativer Druck). Außer dieser Steigeweise des Wassers durch Saugung kommt ein Hinaufpressen durch den Wurzeldruck in Betracht; daneben wirkt hauptsächlich die Kapillarität und die wechselvolle Arbeit der Jamin'schen Kette. Diese physikalischen Prozesse ermöglichen einerseits ein continuierliches Nachfließen des Wasserstromes in den Röhrensystemen, wenn der Blattapparat mäßig Wasser im Verhältnis zur Zufuhr verbraucht; sie veranlassen andererseits auch eine Füllung und Nachschiebung des Wassers, wenn das Gefäßsystem teilweis durch übermäßigen Verbrauch entleert worden ist. Für die Regulierung der seitlichen Ausgleichung der Wassersäulen in nebeneinanderliegenden Röhren eines Bündels sorgt der Klappenapparat der Hoftüpfel und die langsame Wasserbewegung in den Micellarinterstitien der Zellmembranen.

Alle dieſe Funktionen betreffen nur den Holzgefäßteil (Hadrom) der Leitungsſtränge, welche den Centralkörper der Wurzel zuſammenſetzen; die Stränge beſitzen aber auch einen Weichbaſt (Leptom-) Teil, der mit der Leitung der fertig organiſierten Bauſtoffe betraut iſt. Wir werden dieſen Teil der Leitungsthätigkeit bei der Arbeitsleiſtung des oberirdiſchen Achſenteils beſprechen und wenden uns jetzt zur Betrachtung der Stoffe, welche mit dem Bodenwaſſer in die Pflanze gelangen.

Drittes Kapitel.

Die Wurzelernährung.

§ 4. — Welche Stoffe muß das Medium, in der die Wurzel lebt, enthalten, um dauernd brauchbar für ein erfolgreiches Wachstum zu sein?

Um zu erfahren, welche Stoffe notwendig sind, damit das Wachstum der Kulturpflanzen sich vollziehe, hat die Wissenschaft seit vielen Jahren eine Menge Analysen der verschiedensten Pflanzen geliefert und dabei gefunden, daß nur eine sehr beschränkte Anzahl chemischer Grundstoffe im Pflanzenkörper zu finden sind. Von dieser kleinen Zahl scheiden noch mehrere Elemente aus, die sich bei einzelnen Individuen auf besonderen Standorten vorfinden und gelegentlich aufgenommen werden, während sie bei anderen, ebenso kräftig gedeihenden Exemplaren derselben Art fehlen. Gestützt auf die Resultate der Analysen, versuchte die Physiologie später, Pflanzen in einem Medium zu kultivieren, das zunächst in seiner Zusammensetzung vollkommen bekannt war und indifferent sich verhielt; man wählte nämlich entweder destilliertes Wasser oder ausgeglühten Quarzsand. Diesen Medien wurden nun die in der Asche der Pflanzen überall gefundenen Bestandteile in verschiedenen Formen und Mengen zugesetzt oder teilweis vorenthalten, um zu erkennen, welche Stoffe stets vorhanden sein müssen, damit überhaupt ein Wachstum der Pflanze stattfinde. Durch solche Wasser- und Sandkulturen gelangte man zu der Einsicht, daß selbst von Körpern, die in der Asche aller Kulturpflanzen zu finden sind, noch einige fehlen können, ohne das Wachstum zu verhindern und daß letztere nur darum bei allen unseren Kulturgewächsen gefunden werden, weil sie in allen natürlichen Bodenarten vorzukommen pflegen und nebenbei von den Wurzeln aufgenommen werden.

Diese Erkenntnis läßt uns nun von den in der Asche der Pflanzen gefundenen Stoffen drei Gattungen unterscheiden: a) die absolut notwendigen,

ſtets in genügender Quantität und Löslichkeit vorhanden ſein müſſenden Nährſtoffe: Sauerſtoff, Waſſerſtoff, Stickſtoff, Kohlenſtoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium, Magneſium, Eiſen und wohl auch das Chlor; b) die in allen Aſchen zu findenden aber für das Wachſen der Pflanzen nicht unbedingt notwendigen Begleitſtoffe: Natrium, Silicium; c) die gelegentlichen Beimengungen, in einzelnen Lokalitäten: Zink, Kupfer, Nickel, Aluminium, Kobalt, Mangan, Lithium, Strontium, Barium.

§ 5. — Welchen Einfluß üben die einzelnen Nährſtoffe auf den Pflanzenleib aus und in welcher Form gelangen ſie in denſelben?

Alle Gewebe, die den Pflanzenleib zuſammenſetzen, enthalten Sauerſtoff, Waſſerſtoff und Kohlenſtoff.

Die erſten beiden Elemente ſind nicht nur als Baumaterial für die organiſche Subſtanz wichtig, ſondern auch als Transportmittel für die übrigen Nährſtoffe unentbehrlich; denn ſie bilden das Waſſer, das den ganzen Pflanzenleib durchzieht und durchtränkt. Der Waſſergehalt der einzelnen Pflanzenteile iſt natürlich ſehr verſchieden; bei krautartigen Pflanzengliedern macht das Waſſer 60 bis 75% des Geſammtgewichts aus und bei Pilzen haben wir nicht ſelten nur 5 bis 8% des ganzen Lebendgewichtes an organiſcher Trockenſubſtanz, während die ganze übrige Maſſe nur Waſſer iſt. Da die meiſten Nährſtoffe als Bodenſalze in der Ackerkrume enthalten ſind, ſo ergiebt ſich daraus ſchon die Wichtigkeit des Waſſers als Transportmittel, das dieſe Nährſtoffe löſen und in der gelöſten Form den Wurzeln zuführen muß. Dieſe Löſungen wandern in den Gefäßröhren durch den geſamten Pflanzenleib und auf dieſem Wege nehmen die an dies Röhrenſyſtem anſtoßenden Zellen ihren Bedarf, der ihnen wieder von den entfernter liegenden Zellen entzogen wird und ein unaufhörliches Nachſtrömen der Bodenlöſung einleiten hilft. Faſt das geſamte Waſſer, das die Pflanze ſowohl als Transportmittel durch ihren Leib hindurchwandern läßt und ſpäter durch Transſpiration in Dampfform aushaucht, als auch dasjenige, das hier zerſetzt und bei dem Aufbau zur Verwendung gelangt, wird vom Medium, in welchem die Wurzel ſich befindet, geliefert. Nur in Fällen der äußerſten Bodentrockenheit können die Blätter von reichen Thauniederſchlägen Vorteil ziehen.

Bei dem Kohlenſtoff, welcher als Hauptbauſubſtanz des Pflanzenleibes anzuſehen iſt, da er ungefähr die Hälfte der ganzen Trockenſubſtanz ausmacht, iſt dagegen der Boden als Zufuhrquelle belanglos und das die

Pflanze umspülende Luftmeer der ausschlaggebende Lieferant. Die Blätter nehmen den Kohlenstoff aus der Luft als Kohlensäure auf und zersetzen dieselbe in ihrem grünen Gewebe unter dem Einfluß des Lichtes, wobei sie den über ihren augenblicklichen Bedarf hinaus gehenden Sauerstoff aushauchen.

Der Stickstoff ist derjenige Nährstoff, der am Aufbau aller jungen Pflanzensubstanzen beteiligt ist. Er bildet nicht blos einen Baustoff der jugendlichen Zellhaut, sondern bleibt auch während des ganzen Lebens einer Zelle in der als Zellinhalt auftretenden, dem Hühnereiweiß ähnlichen Bildungsgrundsubstanz, dem Protoplasma.

Die in vielen Pflanzen auftretenden Alkaloide, sowie das zur Regenerierung der Eiweißstoffe dienende Asparagin gehen aus dem Protoplasma hervor und sind ebenfalls stickstoffhaltig Der Stickstoff muß der Mehrzahl unserer Kulturpflanzen durch den Boden geliefert werden; nur die Schmetterlingsblütler (Papilionaceae) haben die Fähigkeit, den als Hauptbestandteil der Luft vorhandenen Stickstoff durch die Blätter aufzunehmen und zu verwerten. Soweit die wissenschaftlichen Arbeiten augenblicklich reichen, darf als feststehend angenommen werden, daß die Schmetterlingspflanzen vom Stickstoff der Luft allein leben können, während die Halmfrüchte, die Obstbäume und alle übrigen phanerogamen Gewächse diesen Nährstoff in leicht aufnehmbarer Form im Boden vorfinden müssen. Als die geeignetste Form sind die salpetersauren Salze anzusehen; Ammoniak, das unter Umständen wohl in geringen Quantitäten auch in gasförmigem Zustande aufgenommen werden kann, ist als Bodensalz durchschnittlich weniger vorteilhaft.

Schwefel und Phosphor stehen mit der Bildung der Eiweißstoffe in Beziehung; sie werden ausschließlich vom Boden geliefert, der sie meist als Kalksalze enthält. Namentlich gilt dies für den Schwefel, der als schwefelsaurer Kalk (Gips) eine weite Verbreitung hat, während phosphorsaurer Kalk spärlicher auftritt und bei seiner schweren Löslichkeit vorteilhafter durch Kalisalze ersetzt wird. Stellenweis findet sich die Phosphorsäure auch als phosphorsaures Eisen reichlich im Boden. Pflanzen, denen Phosphorsäure mangelt, nehmen meist ein rötliches Aussehen an.

Das Kalium, das am reichlichsten in den jungen Pflanzenteilen angetroffen wird, aus den älteren aber zurücktritt, steht wahrscheinlich in enger Beziehung zur Bildung der Kohlenhydrate d. h. derjenigen organischen Verbindungen, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt sind und bei denen die beiden letztgenannten Elemente in

denſelben Mengenverhältniſſen zu einander auftreten, wie ſie im Waſſer verbunden ſind. Stärke, Zucker, Zellſtoff ſind ſolche Kohlenhydrate, die innerhalb der Pflanzen in einander übergeführt werden können. Wenn ein Gewächs kein Kalium im Boden vorfindet, ſo bleibt es im Wachstum ſtehen und die Blätter beſitzen nicht die Fähigkeit, in den grünen Farbſtoffkörpern ihrer Zellen, den Chlorophyllkörnern, Stärke zu bilden. Wenn man einer Pflanze, die vielleicht monatelang im Wachstum ſtill ſtand, weil ihr Kalium fehlte, ſolches endlich zuſetzt, erholt ſich dieſelbe ſchon nach einigen Tagen; ja ſchon nach einigen Stunden iſt in ihren Blättern Stärke nachweisbar. Die leicht löslichen Salze dieſes wichtigen Pflanzennährſtoffes ſind bei anhaltender Bewäſſerung der Gefahr ausgeſetzt, aus dem Boden ausgelaugt zu werden.

Das Caleium, die Grundlage aller Kalkverbindungen dient im Pflanzenkörper ganz beſonders zur Feſtigung der Zellmembranen, die manchmal den Kalk in ſichtbaren Kriſtallen eingelagert haben. Außerdem aber iſt er ein wichtiges Bindemittel für die in den Pflanzen erzeugte, giftige Oxalſäure; die dabei entſtehenden Kryſtalle von oxalſaurem Kalk liegen bei ſehr zahlreichen Gewächſen in zuſammenhängenden Längsreihen in der Nähe der plaſtiſches Baumaterial leitenden Zellelemente der Rinde und ſtehen daher ſicherlich im Zuſammenhang mit dem Stoffwechſelvorgange. Da die organiſchen Verbindungen, welche von den grünen Blättern verbreitet werden, in gewiſſen Zellſträngen des Rindenkörpers abwärts ſteigen und auf dieſem Wege mannigfachen Verwandlungen, namentlich Oxydationsvorgängen unterworfen werden, ſo iſt es wahrſcheinlich, daß die letzte Rolle des Kalkes darin beſteht, die durch die Oxydation der Kohlenhydrate entſtandene Oxalſäure zu binden und damit für den Pflanzenleib unſchädlich zu machen. Die Aufnahme des Caleium erfolgt ſowohl in der Form des ſchwefelſauren als auch des phosphorſauren und kohlenſauren Kalkes ꝛc. Bei Waſſerkulturen verwendet man mit Vorteil ſalpeterſauren Kalk.

Magneſium, das unter den Nährſtoffen dem Calcium am nächſten verwandt iſt, dasſelbe aber nicht vertreten kann, ſcheint eine ganz andere Wirkung im Pflanzenkörper auszuüben. Es ſcheint bei der Protoplasmabereitung mit dem Stickſtoff gemeinſam thätig zu ſein und auf die Bereitung des Blattgrüns zu influieren. Denn die künſtlich gezogenen Magneſiamangel-Pflanzen laſſen ihre Chlorophyllkörner gelblich-grün und die Zellvermehrung beſchränkt erſcheinen. Bei der Fäulnis fleiſchiger Pflanzenteile zeigen bisweilen die ſtickſtoffreichſten Gewebe allein ausgeſchiedene Kryſtalle von phosphorſaurer Magneſia bez. Ammoniakmagneſia.

Wie der Kalk, gelangt auch die Magnesia in schwefelsauren, phosphorsauren u. a. Salzen, namentlich aber in Chlorverbindungen zur reichlichen Aufnahme.

Das Eisen dient zur Herstellung des Chlorophyllfarbstoffes. Da das Chlorophyllkorn die Bereitung neuer Baustubstanz für den Pflanzenleib durch den Einfluß des Lichtes zu übernehmen hat, so ist es selbstverständlich, daß ein Eisenmangel, der sich durch Bleichlaubigkeit zu erkennen giebt, ein Aufhören der Assimilationsarbeit bedeutet. Bei der weiten Verbreitung des Eisens im Boden ist indeß Bleichlaubigkeit durch Eisenmangel ein selteneres Vorkommnis, als man in der Praxis meistens annimmt. Bei Störungen der verschiedensten Art kommen gelbe Blätter vor und man darf sich daher nicht wundern, wenn bei kränkelnden Pflanzen die Zufuhr einer löslichen Eisenverbindung wirkungslos bleibt.

Zu den Begleitstoffen im Pflanzenkörper hinüber leitet das Chlor, das von einigen Physiologen nicht als Nährstoff angesehen wird. Indeß weisen doch mancherlei Beobachtungen darauf hin, dieses Element als unerläßlich bei dem Aufbau des Pflanzenkörpers zu betrachten. Wasserkulturen in chlorfreien Lösungen wollen nicht zur gedeihlichen Entwickelung gelangen und bei einzelnen Pflanzen stellen sich direkte Krankheitssymptome ein. Aus den bisher vorliegenden Angaben ist zu schließen, daß das Chlor der Kalkaufnahme und Ablagerung entgegenwirkt, dafür aber die Wanderungsfähigkeit der Phosphorsäure begünstigt und damit deren reichlichere Verwendung an den fortwachsenden Spitzen ermöglicht. Wenn viel Phosphorsäure verwendet werden kann, finden auch Stickstoff und gelöste Kohlenhydrate zur Neubildung von Eiweißstoffen im Protoplasma erhöhte Verwertung; deshalb sieht man bei Zufuhr von Chlorverbindungen (Chlorkalium, Chlorcalcium, Chlormagnesium) lange, saftige Triebe hervorgehen, die aber wenig Stärke besitzen.

§ 6. — Die Rolle, welche die Begleitstoffe und die gelegentlichen Beimengungen neben den eigentlichen Nährstoffen spielen.

Als eigentlicher Begleitstoff ist das Natrium anzusehen, das nur in sehr wenig Pflanzen fehlt, in einzelnen Gattungen (Strandpflanzen) dagegen in ungemein großen Mengen als Chlornatrium (Kochsalz) aufgenommen wird und im Gewebe später neben Kalium anzutreffen ist. Trotz der Verwandtschaft beider Stoffe, können dieselben aber einander in keiner Weise ersetzen d. h. wenn ein Gewächs an Kali Mangel leidet, nützt keine Natrondüngung. Die Wurzel nimmt die leicht löslichen Natronsalze in

Maſſen auf, wenn ſie deren Säuren braucht und ſpeichert die Baſis als unnützen Ballaſt. Wie wenig notwendig für den Haushalt aber dieſer Stoff iſt, ſehen wir daraus, daß ſelbſt diejenigen Gewächſe, welche ſtets ſehr große Mengen Natron in ihrer Aſche aufweiſen, wie die Salzpflanzen am Meeresſtrande, doch künſtlich zu ganz kräftiger Entwicklung in einem ſalzfreien Boden gebracht worden ſind.

Ähnlich dem Natrium verhält ſich das Silicium, das in ſeiner Verbindung mit Sauerſtoff als Kieſelſäure überall im Boden anzutreffen iſt. Meiſt iſt die Kieſelerde kryſtalliniſch (unlöslich) im Boden vorhanden, doch kommt ſie auch in unkryſtalliſierbarer, löslicher Form (amorph) vor und iſt dann für die Wurzel leicht aufnehmbar. Bei ihrer allgemeinen Verbreitung iſt ſie natürlich auch in den Pflanzen allenthalben anzutreffen und zwar, ähnlich wie der Kalk, oft auch in Gemeinſchaft mit demſelben als Feſtigungsmittel der Membran, die bei einzelnen Pflanzenarten ſo ſtark damit imprägniert iſt (Schachtelhalmen), daß dieſelben zum Schleifen benutzbar ſind. Die Erſcheinung, daß die Halme unſerer Getreidearten und die Blätter der Riedgräſer die darüber ſtreichende Hand bisweilen blutig ſchneiden, rührt von der Härte der kieſelgetränkten Membran der Oberhautzellen her. Der große Kieſelgehalt der Gräſer und Riedgräſer iſt früher angeführt worden, um die Notwendigkeit der Kieſelſäure als Feſtigungsmittel der Zellenwände zu beweiſen; nachdem es aber gelungen, in Löſungen ohne Beigabe von Kieſelerde die Getreidearten ſo kräftig wie im freien Lande zu erziehen, kann dieſer Beweis nicht gelten. Das Lagern des Getreides, das früher auf einen Mangel an Kieſelerde in den unteren Halmgliedern zurückgeführt wurde, iſt längſt als eine Erſcheinung bekannt geworden, die auf mangelhafter Verdickung der Zellwände infolge von ungenügender Beleuchtung der Halmbaſis beruht.

Von den durch den Standort der Pflanzen bedingten, gelegentlichen Beimengungen ſind als ſtets in Meerpflanzen vorhanden Jod und Brom anzugeben. Das Meerwaſſer enthält dieſe Elemente in verhältnismäßig geringen Mengen, während einzelne Tange über 0,1% der Trockenſubſtanz davon enthalten, alſo ungemein reichlich dieſe (für andere Gewächſe als Gift wirkenden) an Kali gebundenen Elemente ſpeichern können. Einzelne Chemiker haben beide Stoffe auch in Sumpf- und Landpflanzen nachgewieſen, wogegen andere bei denſelben Arten nichts gefunden haben. Dies Beiſpiel zeigt, wie abhängig vom ſpeziellen Standort das Auftreten derartiger Beimengungen iſt.

Ein ſpärliches Vorkommen zeigen Bor, das im Seegras und mehreren

Meeresalgen beobachtet worden ist und Fluor, das man im Bärlapp (Lycopodium clavatum) in Schachtelhalmen (Equisetum) und Gräsern aufgefunden hat.

Von den das Kalium in der Natur begleitenden Leichtmetallen sind Lithium und Rubidium (nicht Caesium) in manchen Pflanzen gefunden worden, so z. B. erstgenanntes Element in Tabak und Disteln, letzteres in Runkelrüben, Kaffee- und Theeblättern. Trotz ihrer Verwandtschaft mit dem Kalium, können sie dasselbe durchaus nicht vertreten, wirken vielmehr in einigermaßen nennenswerten Mengen bereits als Gift.

Verwandt mit dem Calcium sind das Baryum, das in der Asche verschiedener Bäume und Sträucher erkannt worden ist und das Strontium, das man in einigen Meeresalgen konstatiert hat. Ersteres Element wird in größeren Mengen von vielen Pflanzen ertragen, letzteres wirkt in sehr kleinen Dosen schon als Gift. Trotz der reichlichen Ausbreitung der Thonerde in den Boden- und Gesteinsarten ist das Vorkommen ihres Grundelementes, das Aluminium, doch nur auf wenige Pflanzengeschlechter (Bärlapp, Flechten) beschränkt. Das Element tritt sowohl in den Gesteinen als auch im Verwitterungsprodukt derselben, dem Boden, fast immer nur in der unlöslichen Form als Kieselsäureverbindung auf.

Von den sehr weit im Pflanzenreiche verbreiteten Metallen ist in erster Linie das Kupfer zu nennen, das in Holz, Rinde und Blättern verschiedener Bäume (Eiche, Buche, Linde u. a.) und Kräuter gefunden worden ist. Zwar nicht so verbreitet, dafür aber in hohen Prozentsätzen im Aschengehalte auftretend ist das Zink, das bei manchen Pflanzen eine Änderung ihres Habitus hervorzurufen vermag (Zinkpflanzen wie z. B. Galmeiveilchen), aber direkt schädlich nur in größeren Mengen wirkt. Die Blätter von Pflanzen, die durch Zinkvergiftung leiden, erhalten kleine Flecke von rostgelber Farbe, die sich schließlich über die ganze Blattfläche ausbreiten. Meist tritt dies Metall in der löslichen Schwefelsäureverbindung in die Pflanze ein. Weniger schädlich ist Blei, dagegen ein schon in sehr kleinen Mengen giftig wirkendes Element ist das Arsen, das bei den Wurzeln die Aufnahmethätigkeit (osmotische Fähigkeit) sehr schnell herabstimmt.

Wir sehen aus dem Obigen, welche Menge Elemente, deren Aufzählung keineswegs als erschöpft gelten darf, gelegentlich in den Pflanzen vorkommen. Einzelne dieser Stoffe werden, ohne zu schaden, in großen Quantitäten gespeichert, andere aber wirken bei geringerer Ansammlung schon schädlich. Aus letzterem Umstande erkennt man, daß die Wurzeln nicht imstande sind, ihre Nahrung auszuwählen; wenn giftige Substanzen also im gelösten

Zustande an die Wurzeln gelangen und durch die Zellwandungen derselben hindurchzudringen vermögen, muß allmählich das Individuum sich vergiften. Aber selbst wenn die Stoffe an sich unschädlich sind, werden sie immerhin von Einfluß auf den ganzen Haushalt der Pflanze sein; bisweilen kommt diese Einwirkung äußerlich zur Erscheinung. So haben wir bei den Zinkpflanzen erwähnt, daß sie einen andern Habitus, z. T. eine andere Blütenfarbe annehmen. Von den Salzpflanzen läßt sich etwas ähnliches berichten; sie können zwar sehr gut gedeihen ohne eine Beigabe von Kochsalz; aber ihre fleischig-saftige Beschaffenheit scheinen sie erst durch Aufnahme dieses Körpers zu erhalten. Auch von der Kieselsäure liegen Erfahrungen an Getreidepflanzen vor, welche eine indirekte Förderung des Wachstums durch dieses Element ergeben; die Körner waren vollkommener ausgebildet, d. h. es war eine bessere Ausnutzung der übrigen Nährstoffe eingetreten.

So werden wir also die gelegentlichen Begleitstoffe, welche die Pflanzenwurzeln aufnehmen, nicht als bedeutungslos für die Gesamtthätigkeit unserer Kulturpflanzen ansehen dürfen. Ihr bald fördernder, bald hindernder Einfluß wird aber je nach der Natur der Pflanze zu ganz verschiedenen Zeiten und in wechselndem Maße zum Ausdruck gelangen, weil die eine Pflanzenspezies von einem bestimmten Element viel verträgt, während dasselbe Quantum für eine andere Art schon schädlich wirkt und ihr Gedeihen verhindert.

Wenn wir nun Pflanzen begegnen, bei denen die chemische Analyse einen ganz auffallend großen Gehalt an einem der genannten Elemente in der Asche aufweist, so dürfen wir daraus nicht schließen, daß diese Spezies wirklich so viel von dem Stoffe bedarf, um kräftig zu gedeihen. Es folgt daraus nur, daß die besagte Spezies so viel von einem Stoffe *verträgt*. So sind die Salz- und Salpeterpflanzen, die Kieselpflanzen und Zinkpflanzen nicht solche, die diese Verbindungen unbedingt in großen Mengen brauchen, sondern nur die Fähigkeit besitzen, eine Überladung ihrer Gewebe mit derartigem Ballast schadlos auszuhalten. Ebenso verhält es sich mit den Kalkpflanzen.

Wenn nun ein Stück Land mit einem durch Vorwiegen eines der genannten Aschenbestandteile einseitig scharf ausgesprochenen Bodencharakter mit Vegetation neu besiedelt werden soll, so werden von allen konkurrierenden Gewächsen diejenigen den Vorrang haben, die diesen Aschenbestandteil in großen Mengen am besten vertragen. Was hier von den einzelnen Bodenelementen gesagt ist, gilt auch für alle übrigen Eigenschaften des Bodens (Erwärmbarkeit, wasserhaltende Kraft u. s. w.). Die sog. *Boden-*

ſtetigkeit d. h. das ſtete Auftreten gewiſſer Pflanzenarten in den durch Überwiegen eines Bodenbeſtandteils beſonders charakteriſierten Lokalitäten erklärt ſich als die größte Anpaſſungsfähigkeit einzelner Pflanzengeſchlechter an die chemiſchen und phyſikaliſchen Bodenverhältniſſe.

Praktiſch verwertbar im gärtneriſchen Betriebe kann das Auftreten von Kalk- Kieſel- Salpeter- Salzpflanzen u. dgl. dadurch werden, daß man dadurch einen Anhalt bei der Beurteilung des Bodens erlangt. Solche einſeitig charakteriſierte Böden haben den Nachteil, daß eine Anzahl Kulturpflanzen ſchlecht gedeihen werden, weil ihnen das einſeitige Übermaß nicht zuſagt. Bei eintretendem Mißwachs wiſſen wir, wo wir in erſter Linie den Fehler zu ſuchen haben.

§ 7. — Wo und wie findet die Wurzel ihre Nährſtoffe im Boden vor.

Jeder Boden ſtellt als Verwitterungsprodukt von Geſteinsmaſſen eine Anhäufung verſchiedener, mit Anziehungskräften begabter Gemengteile dar. Durch die mechaniſche Bodenanalyſe können wir jeden Kulturboden zerlegen in ſeine gröberen Beſtandteile, das Bodenſkelett und die durch Abſchlämmen zu erhaltende Feinerde. Je nach der Größe der Geſteinstrümmer unterſcheiden wir im Bodenſkelett die gröbſten Beſtandteile als Grobkies; ihm folgen Mittelkies und Feinkies oder Grobſand. Der Feinſand würde der Feinerde zugehören, an der die wichtigſten, das Pflanzenwachstum beeinfluſſenden, phyſikaliſchen Eigenſchaften zum Ausdruck kommen, wie Wärmefaſſungs- und Leitungsvermögen, Haarröhrchenanziehung, die Kraft, Gaſe und Flüſſigkeiten anzuziehen und feſtzuhalten ꝛc. Je nach dem Miſchungsverhältnis, in welchem die Einzelbeſtandteile des Bodenſkelettes und die Feinerde an dem Aufbau des Kulturbodens beteiligt ſind, ergibt ſich eine verſchiedene Bodenſtruktur. In erſter Linie kommt die verſchiedene Bodenſtruktur bei der Pflanze dadurch zur Geltung, daß ſie den für den Wurzelkörper ebenſo wie für die oberirdiſchen Organe notwendigen Luftzutritt regelt. Während eine Pflanzenart ein reichliches Umſpülen ihrer Wurzeln mit Luft abſolut erfordert, iſt eine andere mit geringer Luftzufuhr zufrieden, weil ſie nur wenig von dem eigentlich wirkſamen Beſtandteil der Luft, nämlich dem Sauerſtoff beanſprucht. Ein lockerer Boden, bei welchem alſo die einzelnen Bodenpartikelchen unverbunden neben einander liegen, wird aber nicht nur viel ſtärker als ein bindiger — durch ſtarkes Anhaften der einzelnen Teile untereinander ausgezeichneter — Boden die Wurzelthätigkeit

erhöhen, sondern auch die Verwesungs- und Verwitterungsprozesse wesentlich begünstigen. Die für die Kulturen günstigste Bodenstruktur wird ein Gefüge darstellen müssen, das nicht so locker ist, um das für das Wachstum notwendige Wasser nicht zurückhalten zu können, andrerseits aber auch nicht so dicht ist, daß die Bodenzwischenräume bei gewöhnlichen Regenverhältnissen derart geschlossen oder verkleinert werden, daß die nötige Luftmenge keinen Zutritt zu den Wurzeln findet.

Unter den Nährstoffen kommt für die Wurzeln in erster Linie das Wasser in Betracht, das in den Bodenzwischenräumen sich bewegt und zurückgehalten wird. Die Fähigkeit eines Bodens, Wasser zurückzuhalten, ohne es tropfbar abzugeben (Wasserkapacität, wasserhaltende Kraft) wächst bei gleichbleibender Substanz mit der Feinheit der Partikelchen. Die Anziehung der einzelnen Substanzteilchen des Bodens untereinander kann jedoch auch bei sehr feinkörnigen Bodenarten mit starker Wasserkapacität durch große Mengen sich zwischendrängenden Wassers überwunden werden; es gleiten die einzelnen Bodenpartikelchen von einander: der Boden erweicht. Bei Thonböden, seltener bei Lehm, erfolgt ein förmliches „Zergehen", das den Saatbeeten gefährlich werden kann, weil der Boden zwischen den jungen Pflanzen abfließt und die Wurzeln dadurch mehr oder weniger bloß gelegt werden können. Durch solche Zustände wird auch die Bestellzeit der Felder hinausgeschoben; es hängt aber von der richtigen Bestellzeit vielfach die Größe der Ernte ab. Wenn Pflanzen, die, um eine gute Ernte zu liefern, sich vorher stark bestocken müssen, oder recht viele und große Blätter zu bilden haben, nun zu spät im Frühjahr ausgesäet werden, dann ist die für eine kräftige Bestockung und Blattentwicklung notwendige feuchtere und noch kühlere Frühjahrsperiode zu kurz; es tritt zu schnell die heiße, trockene Sommerzeit ein, die zur Blütenentwicklung anregt und die Pflanzen bilden nur verhältnismäßig wenig und magere Blütenachsen. Bei heißen, regenarmen Sommern sehen wir die zu spät ausgesäeten Erbsen leicht Mehltau und Rost bekommen, die Kohlrabi holzig werden, Salat schnell in Samen schießen u. s. w.

Die einzelnen Gemengteile des Bodens besitzen in verschiedenem Grade die Fähigkeit, durch physikalische und chemische Anziehungskräfte die dem Boden zugeführten Stoffe festzuhalten. Wir sehen dies sehr gut an dem einfachen Experiment, wenn wir die gefärbte Jauche einer Düngerstätte durch eine mit Thon ausgefüllte Röhre laufen lassen. Die Flüssigkeit tritt vollkommen entfärbt aus dem Thoncylinder heraus. Die organischen Verbindungen werden durch physikalische Kräfte, die Flächenanziehung, die an-

organischen Verbindungen durch chemische Reaktionen festgehalten. Diese Bindungsfähigkeit des Bodens nennen wir seine Absorptionskraft.

Die Pflanzenwurzel profitiert nun nicht allein von der zwischen den Bodenpartikelchen befindlichen Bodenlösung, sondern auch von den absorbierten Nährstoffen.

a) Das Kalium.

Von den am meisten durch Zufuhr zu ergänzenden Nährstoffen wird das Kalium vom Boden am stärksten absorbiert; sodann folgen Ammonium, Magnesium, Natrium, Calcium; von den Säuren wird die wichtige Phosphorsäure energisch zurückgehalten; weniger ist dies der Fall mit der Kohlensäure und fast gar nicht mit der Salpetersäure. Auch Schwefelsäure und Salzsäure werden nicht festgehalten; dagegen wiederum die Kieselsäure absorbiert.

Die Absorptionskraft der Böden hängt sehr wesentlich von der vorhandenen Menge wasserhaltiger, basischer, in Salzsäure löslicher (zeolithischer) Kieselsäureverbindungen ab. In ihnen sind Kalk, Natron, Magnesia, Kali enthalten, aber den Pflanzenwurzeln wegen der schweren Löslichkeit kaum zugänglich. Diese Salze erfahren durch die Kohlensäure des Bodens oder durch Chlor- Salpeter- und Schwefelsäureverbindungen der Alkalien oder alkalischen Erden eine Zersetzung und es bilden sich dann kohlensaure, schwefelsaure oder Chlorverbindungen von leichter Aufnehmbarkeit. Bei der Verwitterung gewisser Kieselsäureverbindungen (Sesquioxydsilikate) entstehen Thonerdehydrat und Eisenoxydhydrat und diese Verbindungen nebst den wasserhaltigen Silikaten befähigen die Erden, das Kali aus den stärksten Verbindungen mit Salzsäure, Schwefel- und Salpetersäure abzuspalten und stark zurückzuhalten. Diese Thonerde- und Eisenverbindungen ohne solche Silikate absorbieren sehr wenig, thun dies aber wiederum reichlich, sobald sie in der Form von phosphorsaurer Thonerde auftreten. Wenig oder gar nicht wird das Kali von humussauren Salzen, kohlensaurem Kalk und Magnesia aufgenommen.

Die Kalisalze, welche dem Boden zugeführt werden, können aber selbst als Bindemittel für andere Nährstoffe wirken. So funktioniert z. B. der Kainit durch seinen Gehalt an schwefelsaurer Magnesia und Chlormagnesium als Stickstofferhalter. Die eigentliche Kaliverbindung (schwefels. Kali) ist in diesem Falle nebensächlich. Sobald sich kohlensaures Ammoniak im Boden bildet, verbindet sich die Säure der schwefelsauren Magnesia mit dem Ammoniak; dies entstandene schwefelsaure Ammoniak ist noch leicht

löslich. Wenn aber der Zufuhr des Kainits noch eine Phosphatdüngung vorangegangen ist, so bildet sich die schwerer lösliche phosphorsaure Ammoniakmagnesia. Um in Ställen die Verflüchtigung des Ammoniaks zu verhüten, streut man bekanntlich Gips, dessen Schwefelsäure sich mit der Basis zu schwefelsaurem Ammoniak verbindet; dieser Erfolg wird durch den Kainit viel vollkommener und schneller erzielt. Ähnlich wie die schwefelsaure Magnesia des Kainits würde auch das schwefelsaure Eisenoxydul (grüner Vitriol), wirken.

Für leichte Bodenarten, die wenig Humus, Thon und andere absorbierende Stoffe besitzen, wird eine Kalidüngung durch Kainit dadurch indirekt bereichernd wirken, daß sie das bei der schnellen Düngerzersetzung leicht sich verflüchtigende Ammoniak bindet. Das in dem Kalisalz vorhandene Kochsalz tritt als Lösungs- und Verbreitungsmittel für andere Mineralien nebenbei in Wirksamkeit.

b) Die Phosphorsäure.

Dieser bei übermäßiger Stickstoffzufuhr das Gegengewicht haltende überaus wichtige Nährstoff wird im Boden durch die Schwermetalle und Erden sofort absorbiert, wenn er in gelöster Form zugeführt wird, da diese Körper mit der Phosphorsäure sofort unlösliche Verbindungen eingehen. Wir finden die Säure alsdann in der Form von phosphorsaurem Kalk und Magnesia und in geringerer Menge auch von phosphorsaurem Eisenoxyd und Thonerde wieder. Je mehr wir in einem Boden also zunächst kohlensauren Kalk und Magnesia haben, desto mehr werden wir denselben mit Phosphorsäure sättigen können. Denselben Einfluß werden diejenigen Kieselsäuresalze (Sesquioxydsilikate) ausüben, die bei der Verwitterung Thonerdehydrat und Eisenoxydhydrat liefern. Wenn der Kalk als Gips sich im Boden vorfindet, so kann derselbe allmählich Phosphorsäure aufnehmen und Schwefelsäure abgeben. In Lösung wird die Phosphorsäure nur dann den Wurzeln direkt zugänglich sein, wenn sie an Alkalien (Kali, Natron), gebunden ist.

c) Der Stickstoff.

Dem Kalium an Wichtigkeit als Pflanzennährstoff gleichstehend ist der Stickstoff, der 79 % des Luftgemenges zu den 21 % Sauerstoff liefert. Dieser elementare Stickstoff ist in ausschlaggebendem Maße nur für die Leguminosen verwertbar, die nachweislich die Fähigkeit besitzen, in einem gänzlich stickstofflosen Boden zu gedeihen. Für alle übrigen Kulturpflanzen ist seine Mitwirkung bei der Ernährung zwar nicht ausgeschlossen aber von

sehr untergeordneter Bedeutung und es muß dieser Nährstoff ihnen in gebundener Form durch den Boden gegeben werden. Dagegen scheinen die in allen Bodenarten sich vorfindenden, grünen Algen die Fähigkeit, den Luftstickstoff zu verarbeiten, wieder in erhöhtem Grade zu besitzen und als Stickstoffbereicherer des Bodens zu wirken. Die am meisten als Nährmaterial in Betracht kommenden Verbindungen sind das Ammoniak, die salpetrige Säure und die Salpetersäure. Dieser gebundene, assimilierbare Stickstoff wird nur zu einem kleinen Teil von der Atmosphäre geliefert. Die Verwesung stickstoffhaltiger, organischer Körper liefert Ammoniak; durch die elektrischen Funken bei Gewittern wird der elementare Stickstoff mit ozonisiertem Sauerstoff zu salpetriger Säure verbunden (wobei auch Ozon und Wasserstoffsuperoxyd entsteht). Außerdem bildet sich bei jedem Oxydationsprozesse und selbst bei der Verdampfung des Wassers salpetrigsaures Ammoniak.

Wenn sich der Wasserdampf in der Atmosphäre zu Tropfen verdichtet, so wird Ammoniakgas dabei eingeschlossen und noch davon während des Fallens als Regentropfen absorbiert. Tau, Hagel und, obgleich etwas weniger, auch der Schnee enthalten dieses Gas. Ebenso führt auch der Regen, namentlich Gewitterregen etwas Salpetersäure. Die beiden assimilierbaren Stickstoffverbindungen gelangen nun durch die atmosphärischen Niederschläge in den Boden oder werden (allerdings in geringen Mengen) auch direkt aus der Luft absorbiert. Die Höhe der Absorptionsfähigkeit einer Erde für Stickstoff hängt aber von der Zusammensetzung des Bodens ab; die einzelnen Bestandteile verhalten sich nicht nur untereinander sehr verschieden zu den Stickstoffverbindungen, sondern ändern auch ihr Verhältnis je nach den Verbindungen, in welchen sie in einem Boden auftreten. Humussaure Salze z. B. und Gips, kohlensaurer Kalk und Magnesia nehmen sehr wenig Ammoniak auf; wenn dagegen humussaurer Kalk nebst stark verwitterten Silikaten auftritt, so ist die Absorption sehr reichlich. Aus Versuchen ist (von Bretschneider) berechnet worden, daß wenn Wasser pro Hektar etwa 0,81 kg an Ammoniak aufnimmt, der Gips nur 0,29 kg, der kohlensaure Kalk 3,28, der reine Quarz 1,16 kg, Eisenoxyd aber 12,49 kg absorbiert. Wird nun der reine Quarz mit einem braunen Humuskörper (Ulmin) gemischt, so absorbiert er schon bei einer Beigabe von nur 1 % Ulmin 7,0 kg, bei 5 % Ulmin aber 46 kg Ammoniak. Man sieht hier die indirekte Einwirkung der Humuskörper.

Obgleich bei den künstlichen Kulturen in destilliertem Wasser oder ausgeglühtem Quarzsand durch alleinige Beigabe der mineralischen Nähr-

ſtoffe eine vollkommen normale Entwicklung unſerer Kulturpflanzen erzielt und damit der Beweis geliefert worden iſt, daß dieſe Gewächſe ohne jegliche Beigabe verweſender organiſcher Subſtanz (Humus) wachſen können, ſo iſt doch durch die obigen Zahlen bereits angedeutet, daß die Humuskörper eine ſehr nützliche Beihilfe bilden. In gewiſſen Fällen iſt Humus ſogar abſolut notwendig. Zu den Gewächſen, die ausſchließlich auf organiſche Nahrung angewieſen ſind, gehören die Pilze, welche dieſe Nahrung entweder aus einem lebendigen Organismus entnehmen müſſen (Paraſiten) oder ſich auch mit zerfallender organiſcher Subſtanz begnügen (Saprophyten). Abgeſehen von dieſen kryptogamen Gewächſen liefern uns auch höher organiſierte Arten mehrfache Beiſpiele für eine unbedingt notwendige Zufuhr der Nährſtoffe aus organiſcher Subſtanz. Man denke betreffs Ernährung durch lebendige Subſtanz nur an die Miſtel und betreffs der Notwendigkeit der zerfallenden organiſchen Subſtanz an die chlorophyllarmen oder gänzlich chlorophyllloſen Humusbewohner unſerer Wälder, wie Fichtenſpargel (Monotropa Hypopitys) und die zum Teil bernſteinfarbigen Orchideen (Neottia nidus avis, Epipogium Gmelini und Corallorhiza innata). Der Miſtel reihen ſich ſolche friſchgrüne, alſo chlorophyllreiche Pflanzen an, welche imſtande ſind, gänzlich frei im natürlichen Boden zu wachſen und zu blühen, aber doch, wenn ſie Gelegenheit finden, ſich von den Säften anderer Pflanzen unterſtützungsweiſe zu ernähren. Es gehören dahin die bekannten Bewohner torfiger Wieſen, wie der Augentroſt (Euphrasia), der Klappertopf (Rhinanthus), der Wachtelweizen (Melampyrum) u. a. An den Wurzeln der genannten Gewächſe entwickeln ſich nämlich, wenn dieſelben mit gewiſſen anderen Wurzeln in Berührung kommen, Saugwarzen, welche den Nährwurzeln Subſtanzen entziehen. Das Bedürfnis nach einer Unterſtützung der gewöhnlichen Ernährung durch eine Aufnahme ſtickſtoff- und kohlenſtoffreicher Verbindungen aus organiſcher Subſtanz liegt alſo hier klar zu Tage.

Nach Erkenntnis derartiger Verhältniſſe war die Frage ſehr nahe gelegt, ob nicht auch unſere Kulturpflanzen, die nachweislich zwar den Humus nicht abſolut brauchen, doch durch denſelben in ihrem Wachstum befördert werden möchten. Dieſe Frage hat zu intereſſanten Kulturverſuchen Veranlaſſung gegeben, die darin beſtanden, daß man einen Teil gleichartiger Pflanzen mit einem Humusextrakt begoß, während man dem andern Teil nur die Aſche aus der gleichen Menge Extrakt gab. Wären nur die Mineralbeſtandteile im Humus allein wirkſam, ſo hätte die Vegetation in beiden Verſuchsreihen gleich ſein müſſen. Dies war aber nicht der Fall, ſondern

die mit dem Extrakt selbst gedüngten Pflanzen ergaben eine doppelt so große Ernte.

Damit ist als erwiesen zu betrachten, daß die Pflanzen im Freien ganz wesentlichen Vorteil ziehen können, wenn sie ihre Nährstoffe in organischer Form auch zugeführt erhalten und die alte Regel der Praxis, daß „Mist im Boden (d. h. sich zersetzende organische Substanz) die Grundlage des Wohlstandes beim Landwirt ist" kommt damit wieder zu Ehren.

Freilich ist noch nicht festgestellt, ob die Wachstumssteigerung dadurch erfolgt, daß die Nährstoffe in der organischen Form selbst aufgenommen und schneller verarbeitet werden, oder daß nur durch die Verbindung der Humuskörper mit Mineralien deren Absorptionsfähigkeit für Ammoniak u. s. w. erhöht wird. Jedenfalls aber haben wir festzuhalten, daß der Humus im Boden in hohem Grade wachstumfördernd wirken kann und daß die bisher vielfach vertretene Anschauung über die Rolle der Humuskörper im Boden erweitert werden muß. Nach dieser von Grandeau ausgesprochenen Ansicht wäre die Rolle der (übrigens chemisch noch nicht genügend erkannten) in stetem Wechsel auftretenden Humuskörper nur die, die Pflanzennährstoffe im gelösten Zustande in hinreichender Menge im Boden zu erhalten und der Wurzel zugänglich zu machen.

Zur Beurteilung der Wirksamkeit des Humus kommt es aber nicht allein auf die Körper an, aus denen er entstanden ist, sondern auch auf den Zersetzungszustand, in welchem er sich befindet. Illustriert wird diese Thatsache durch Versuche, bei denen Humusboden einmal in rohem Zustande, daneben ein zweites Mal aber erst dann zur Verwendung kam, nachdem er einige Stunden hindurch mit Wasserdampf von 80° R. erhitzt worden war. Dasselbe Quantum Boden gab nach dieser Aufschließung durch die Hitze eine mehrfach reichere Ernte.

An die Betrachtung der Wirksamkeit des Humus, dessen mechanischer Einfluß auf die Bodenbeschaffenheit bei der Stallmistdüngung zur Sprache kommen wird, müssen wir die Besprechung einer ganz eigentümlichen Wurzelbeschaffenheit vieler Humusbewohner und anderer Pflanzen knüpfen. Diese besondere Wurzelform wird „Pilzwurzel" (Mycorhiza) genannt und sie zeichnet sich in vielen Fällen dadurch aus, daß die feinen Äste nicht so schlank wie bei den gewöhnlichen Wurzeln sind, sondern kurz und dick, mehr verzweigt, nesterartig zusammengezogen, bisweilen wie kleine unterirdische Hexenbesen erscheinen. Diesen feinen Saugwurzeln fehlen meist die für die Nahrungsaufnahme so bedeutungsvollen Wurzelhaare; dafür sind sie aber

an ihrer ganzen Oberfläche mit einem Pilzmycel lückenlos über- oder durchſponnen, ſo daß der wirkliche Wurzelkörper mit dem Boden direkt gar nicht in Berührung kommt, ſondern ſeine Nahrung nur durch Vermittlung des Pilzes aufnehmen kann. In dem Maße, wie die Wurzel an der Spitze weiter wächſt, verlängern ſich dort auch die pſeudoparenchymatiſch verbundenen Pilzfäden, ſo daß ſtets über der weniger entwickelten Wurzelhaube eine geſchloſſene Pilzkappe verbleibt. Dieſer Pilz als chlorophylloſer Organismus, kann nachgewieſenermaßen gar keine rohe Bodennahrung organiſieren, nimmt alſo ſolche wahrſcheinlich auch nicht auf, ſondern organiſche Verbindungen aus dem Humus. Wer alſo nicht annehmen will, daß die Pilzkappe um jede Pilzwurzel ſich etwa mechaniſch mit roher Bodenlöſung durchtränkt und dieſe in die Wurzelzellen hineinleitet, der wird in der Einrichtung der Pilzwurzel einen Beweis dafür erblicken, daß eine große Anzahl von Kulturpflanzen mit Vorliebe oder Notwendigkeit durch organiſche Verbindungen aus dem Humus thatſächlich ernährt wird.

Wie verbreitet dieſe Einrichtung der Mycorhiza in der Natur iſt, kann man daraus erſehen, daß alle unſere Waldbäume, wie Eichen, Buchen, Birken, Erlen, Nadelhölzer, ſowie auch Pappeln, Weiden und Linden im Humusboden mit Pilzwurzeln zu finden ſind; ſie entwickeln aber gewöhnliche Wurzelfaſern mit Wurzelhaaren, wenn ſie in Löſungen oder rein mineraliſchen Böden wachſen oder wenn in dem Humus durch vorheriges Erhitzen die Pilze getötet worden ſind. Nach A. B. Frank, deſſen umfaſſenden Studien wir hier folgen, beſitzen auch die Eriken, die meiſten Orchideen, eine Anzahl von Liliaceen und Smilaceen, von Kompoſiten, Labiaten und Primulaceen, von Umbelliferen, Roſaceen, Leguminoſen und Ranunculaceen derartige Pilzwurzeln.

Die Pilze, welche die Micorhizen bilden und zu den gewöhnlich im Wald- und Wieſenhumus auftretenden Arten gehören, verhalten ſich im vorliegenden Falle nicht feindlich, ſondern fördernd der Pflanzenwurzel gegenüber und dieſe wirkt jedenfalls auch wiederum wachstumfördernd auf den Pilz ein, indem ſie ihn durch ihre eigene Säftemaſſe ernährt. Wir haben hier alſo ein Beiſpiel des Zuſammenlebens und *Zuſammenwirtſchaftens* (Symbiose) zweier Organismen vor uns, die einander in ihrer Exiſtenz unterſtützen. Dabei kann der Pilz nicht bloß etwa auf der Außenſeite der Wurzeloberhautzellen und zwiſchen denſelben feſt aufwachſen (ektotrophiſche Mycorhiza), ſondern auch ausſchließlich innerhalb der Wurzelzellen ſich ausbreiten (endotrophiſche Mycorhiza). In dieſem letzteren Falle kommen Wurzeln vor, die die kurze, verdickte, ſtark verzweigte Form nicht aufweiſen,

ſondern lang, ſehr dünn und ohne Rindengewebe ſind. Der Pilz füllt die Epidermiszellen aus und dieſe liegen direkt über dem Gefäßbündel-Cylinder. Bei ſolchen Wurzeln, die ein Rindenparenchym haben, beſteht die endotrophiſche Mycorhiza in der Ausfüllung einer ringförmigen Parenchymzellenzone mit dem Pilzmycel, von welchem aus Fäden nach außen an die Oberfläche hin ſich ziehen.

Während dieſes ſymbiotiſche Verhältnis bei den genannten Pflanzen nur dann ſich entwickelt, wenn dieſelben in Humusböden wachſen und in dem Grade reichlicher zum Ausdruck kommt, je reicher der Humusgehalt des Bodens iſt, ſehen wir dasſelbe ausnahmslos bei den chlorophyllloſen Humusbewohnern auftreten, und zwar zeigt es ſich teils als ektotrophiſche Mycorhiza (Monotropa), teils als die Rindenzellen bewohnende endotrophiſche Pilzwurzel. Bei den Humusbewohnern erſcheint die Vorrichtung der Mycorhiza alſo als obligatoriſcher Aufnahmeapparat, während ſie bei den chlorophyllhaltigen Gewächſen als gelegentliche Unterſtützungseinrichtung gelten darf. Somit finden wir für die Verarbeitung der zerſetzten organiſchen Subſtanz (Humus) ſeitens der phanerogamen Pflanzen parallele Verhältniſſe wie bei der im Paraſitismus ſich zeigenden Benutzung der lebendigen Pflanzenſubſtanz: obligatoriſche Humusverarbeiter (Humusbewohner) und obligatoriſche Paraſiten (Miſtel u. a.), ſowie gelegentliche Humusverarbeiter (Waldbäume) und gelegentliche Paraſiten (Wachtelweizen, Klappertopf).

Eine ebenſo wichtige Sondereinrichtung in der Natur zur Ausführung ſpezieller Ernährungsarbeit müſſen wir nach dem jetzigen Stande der Wiſſenſchaft in den Wurzelknöllchen der Leguminoſen erblicken.

Wenn wir Erbſen, Lupinen, Seradella, Bohnen, Robinien, ſowie echte Akazien und andere Leguminoſen aus einem Sandboden vorſichtig ausheben und ihren Wurzelapparat auswaſchen, beobachten wir bei einigen an der Hauptachſe, bei andern an den ſchwächeren Seitenachſen eine Menge fleiſchiger, für die einzelnen Arten charakteriſtiſch geſtalteter Knöllchen. Dieſelben haben im Durchſchnitt Ähnlichkeit mit einer knollig verkürzten Seitenwurzel und unterſcheiden ſich für das unbewaffnete Auge in ihren erſten Anfängen auch thatſächlich wenig von einer hervorbrechenden Nebenwurzel; indes iſt ihre Entſtehung eine andere. Die Knollen entſtehen durch Zellvermehrung in der Innenrinde der Wurzeln, während die Nebenwurzeln in dem ſogenannten Pericambium ihren Anfang nehmen, das bei der Knollenbildung ſich erſt ſpäter beteiligt. In der Peripherie der Knöllchen iſt eine Art von Cambiumring bemerkbar, welcher nach außen große, dickwandige Rindenzellen,

nach innen ein kleinzelligeres Gewebe hervorbringt und auch kreisförmig geſtellte Gefäßbündel erzeugt, die ſich an die Gefäßbündel der Mutterwurzel anlegen. Da die Knöllchen noch einige Zeit hindurch an ihrer Spitze einen Meriſtemſcheitel haben, durch den ſie fortwachſen, ſo wird die Ähnlichkeit mit einer verkürzten, fleiſchigen Wurzel auch dadurch ſehr erhöht. Eine Wurzelhaube iſt aber nicht vorhanden. In dem älteren, hinter dem Meriſtemſcheitel gelegenen Gewebe ſpeichern ſich allmählich große Mengen von ovalen oder ſtabförmigen, ungeteilten oder gabelig verzweigt erſcheinenden, in Waſſer oft tagelang ſich bewegenden, ſehr kleinen Körperchen. Dieſelben erweiſen ſich als geformte Eiweißſtoffe und charakteriſieren ſomit die Knöllchen als Speicherorgane für die ſtickſtoffreichen Eiweißkörper, welche zur Zeit der Fruchtreife allmählich von der Pflanze verbraucht werden.

Dieſe Knöllchen ſind um ſo reicher vorhanden, je ärmer der Boden an Humusſtoffen und an löslichen, aſſimilierbaren Stickſtoffverbindungen, namentlich an Salpeterſäureverbindungen (Nitraten) iſt. Wird ein Boden durch Erhitzen unfruchtbar gemacht und es werden demſelben Nitrate zugeführt, ſo entwickeln ſich die Leguminoſen auch, bilden aber keine Knöllchen.

Das wichtigſte Faktum iſt aber, daß die Hülſenfrüchtler eine ſehr reiche Entwicklung zeigen und eine gute Fruchternte liefern können in einem Boden, deſſen geſamter Stickſtoffgehalt nicht entfernt zur Herſtellung einer ſolchen Ernte ausreicht oder der ſelbſt ganz ſtickſtofflos iſt. Bei ſolchen Pflanzen iſt dann die Knöllchenproduktion eine ſehr auffällige. Es ergiebt ſich aus dieſer Beobachtung, daß die Leguminoſen den zu ihrer Produktion nötigen Stickſtoff aus der Luft aufgenommen haben müſſen und daß dieſe Aufnahmefähigkeit mit den Knöllchen im Zuſammenhang ſtehen muß. Wir haben ſomit Pflanzen kennen gelernt, welche imſtande ſind, die unerſchöpfliche Stickſtoffquelle, nämlich das Luftmeer, derartig auszunutzen, daß ſie aus dem unverbundenen, elementaren Stickſtoff allein den ganzen Bedarf für eine reiche Ernte decken können.

Dieſes Vermögen, den Luftſtickſtoff in ſolchem Maße zu verbrauchen, haben die andern Kulturpflanzen, ſoweit die Experimente bis jetzt dargethan haben, nicht; ſie haben keinen nennenswerten Vorteil davon und müſſen zu ihrer normalen Entwicklung unbedingt Nitrate in ausgiebiger Menge im Boden vorfinden. Ihre Produktion ſteht auch in annähernd direktem Verhältnis zu den im Boden vorhandenen Nitraten. Indes iſt zwiſchen den Leguminoſen und dieſen andern Pflanzen kein abſoluter Gegenſatz in der Ernährungsweiſe anzunehmen; denn die erſteren können ſich auch, wenn ſie reichlich Nitrate im Boden vorfinden, von dieſen allein ernähren; aber ſie

haben in den Knöllchen eine Hilfsvorrichtung außergewöhnlicher Art, durch welche sie ihre Stickstoffnahrung beschaffen können unter Verhältnissen, unter denen andere Kulturgewächse dies nicht imstande sind.

Diese Anschauung stützt sich namentlich auf die umfangreichen und gewissenhaften Versuche Hellriegels, denen wir auch in der weiteren Darstellung folgen.

Betreffs der Fähigkeit der Leguminosen, vom Luftstickstoff zu leben, hat sich nämlich herausgestellt, daß die Pflanzen in einem (die sonstigen Nährstoffe natürlich enthaltenden) stickstofflosen oder stickstoffarmen Boden dann zur guten Entwicklung gelangten, wenn sie unbedeckt im Freien standen und namentlich wenn man dem stickstofflosen Bodenmateriale einen durch Anrühren mit destilliertem Wasser und Absetzenlassen bereiteten Aufguß von einer geringen Menge (1—2 %) eines Kulturbodens gab, auf dem die entsprechenden Leguminosen früher schon einmal kultiviert worden waren. Die Entwicklung war nach dieser Beigabe nicht nur normal, sondern manchmal geradezu üppig; aber die Vegetationsweise unterschied sich ganz auffällig von derjenigen solcher Pflanzen gleicher Art und Abkunft, die ihren Stickstoffbedarf in Form von Nitraten im sterilisierten Boden zugeführt erhalten hatten. Während letztere von der Keimperiode an ein gleichmäßiges Wachstum zeigten, trat bei den im stickstofflosen Boden stehenden Pflanzen nach der Keimperiode ein sehr charakteristischer Hungerzustand ein und auf diesen folgte dann nach kürzerer oder auch erst nach längerer Zeit ein sehr energisches Wachstum.

Aber nicht jeder Ackerboden giebt einen wirksamen Bodenaufguß und selbst ein zusagender Aufguß wird unwirksam, wenn er gekocht oder auch nur bis auf 70° C. erhitzt wird. Es kommt ferner hinzu, daß ein und dieselbe Leguminosenart durch Bodenaufgüsse verschiedener Herkunft sehr ungleich beeinflußt wird. So beförderte beispielsweise der Aufguß von einem sehr kräftigen Boden, der Erbsen und Klee seit langer Zeit in regelmäßiger Fruchtfolge, Seradella und Lupine dagegen noch niemals getragen hatte, auch nur das Wachstum der Erbsen in dem stickstofflosen Versuchsboden, blieb aber für Lupine und Seradella vollkommen wirkungslos. Endlich wurde das interessante Experiment gemacht, von ein und derselben Leguminosenpflanze eine Hälfte der Wurzeln in eine stickstofflose, mit Bodenaufguß versehene, und die andere Hälfte in eine ebenso beschaffene aber durch Kochen sterilisierte Nährlösung zu tauchen. Es ergab sich, daß nur in der nicht sterilisierten Lösung die Wurzeln ihre Knöllchen entwickelten.

Derartige Ergebnisse weisen unbedingt darauf hin, daß die Veranlassung zur Knöllchenbildung, also zur Entstehung der Luftstickstoffverarbeiter in einer Einwirkung von Organismen auf die Leguminosenwurzeln besteht. Diese Organismen sind wahrscheinlich für die verschiedenen Spezies der Hülsenfrüchte verschieden und vermehren sich in den Böden, auf denen schon einmal eine Leguminose angebaut worden. Diese Vermutung wird erstens bestätigt dadurch, daß schon seit vielen Jahren von verschiedenen Forschern in der Substanz der Knöllchen Gebilde beobachtet worden sind, die man als fremde, parasitäre Organismen angesprochen hat. Ferner haben in neuester Zeit auch gelungene Impfversuche stattgefunden, welche darin bestanden, daß man einfach eine Nadel in das Knöllchen einer Leguminose einsenkte und darauf die Nadelspitze in die gesunde Wurzel derselben Spezies brachte; sogar mikroskopisch ist die Ausbreitung des fremden Organismus von der Impfstelle aus bereits verfolgt worden. Dies gilt für die Lupine, für welche der Knöllchen erzeugende Parasit, der aus Bacteroïden hervorgehende in einen Zooglöazustand übergehende Schwärmer besitzt, als Rhizobium leguminosarum (Bacillus radicicola Beyerink) in die Wissenschaft eingeführt worden ist.

In Rücksicht auf die Hellriegelschen Versuche ist es wahrscheinlich, daß mehrere Rhizobiumarten bei den verschiedenen Hülsenfrüchten vorkommen. Der merkwürdige Umstand, daß die Pflanzen in stickstofflosem Boden erst in einen Hungerzustand geraten, in welchem sie ihre notwendigsten Assimilationsorgane aussaugen müssen, bevor sie Knöllchen bilden und damit eine rasche Produktion beginnen können, läßt sich vielleicht auch schon erklären. Die Wurzeln der Pflanzen enthalten Nitrate (die oberirdischen Teile zeigen dieselben nur bei manchen, namentlich einjährigen Gewächsen). Wenn sich nun nachweisen ließe, daß die Knöllchen erzeugenden Parasiten mehr oder weniger nitratfliehend sind, dann würde sich der Sachverhalt folgendermaßen stellen. Ist der Boden reich genug gedüngt, so treten die Parasiten in einen inaktiven Zustand (sagen wir in eine Zoogloäform): die Pflanzen wachsen ohne Beihilfe des atmosphärischen Stickstoffs. Ist der Boden nitratarm, so findet eine teilweise Mobilisierung der Parasiten und eine Knöllchenbildung statt. Hat der Boden gar keinen Stickstoff, so führen die Wurzeln nur so lange Nitrate als die aus dem Samen mitgebrachten vorhalten. In dem Augenblick, wo die Wurzel verarmt (das ist der Zeitpunkt, in welchem die Pflanze bereits ihre eigenen Organe aussaugt), dann bietet sie den geeignetsten Mutterboden für die Parasiten und diese erzeugen nun reichlich die Knöllchen, welche den Luftstickstoff verarbeiten.

Für die gärtnerischen Topfkulturen entnehmen wir einstweilen den Wink, daß wir jegliche Stickstoffdüngung bei den Akazien und andern Leguminosen sparen können.

§ 8. — Warum und wie ersetzen wir die hauptsächlichsten Nährstoffe?

a) Die Brache.

Die Ernten, welche die Kultur dem Boden entnimmt, bestehen bei der Garten- und Landwirtschaft entweder in Früchten, Samen, Blütenständen, wobei die Reste dem Boden verbleiben oder in der Enthebung der ganzen Pflanze. Kein einziger unserer Kulturböden kann den Verlust an mineralischen Nährstoffen für längere Zeit ohne Ersatz ertragen, da kein einziger soviel Material gespeichert hält, um die aufeinanderfolgenden Verluste zu decken. Die Verarmung des Bodens wird je nach den Ansprüchen, die die einzelnen Kulturpflanzen stellen, in verschiedenem Maße stattfinden. Für eine Anzahl von Nährstoffen wie Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff wird die natürliche Bewässerung und Durchlüftung genügen; unter den mineralischen Aschenbestandteilen werden Kalk und Eisen beispielsweise durch die natürlichen Zersetzungsprozesse im Boden in den nötigen Mengen den neuen Ernten in der Regel geboten werden können; aber für Kali, Phosphorsäure und Stickstoff, die in den jugendlichen Pflanzenorganen (Gemüse) oder in den geernteten Reservestoffbehältern (Früchten, Samen) dem Boden in großen Quantitäten entzogen werden, muß unbedingt Ersatz geschaffen werden.

In der früheren Zeit der minder intensiven Bewirtschaftungsweise bediente man sich, um erschöpften Feldern wieder zur Produktionsfähigkeit zu verhelfen, der Brache d. h. der natürlichen Bereicherungsmethode durch die Ruhe, die man dem Acker gönnte. Unter denselben Witterungsverhältnissen ist brachliegendes Land feuchter und wärmer als bestellter Acker. Größere Feuchtigkeit und Wärme fördern aber bedeutend die natürlichen Zersetzungsprozesse im Boden, was schon daraus hervorgeht, daß die Luft im Brachacker wesentlich kohlensäurereicher als im Kulturlande ist. Die stärkere Zersetzung der organischen Substanzen im Boden einerseits, die durch dieselbe gebildete, größere Kohlensäuremenge andererseits, welche eine schnellere Lösung der Mineralsubstanzen bewirkt, rufen im Brachlande einen reichlicheren Vorrat löslicher Nährstoffe hervor, welche eine spätere Bestellung dann zur Verwertung vorfindet. Da Brachacker einen geringeren Pflanzenbestand hat, also durch Verdunstung der Pflanzendecke nicht soviel verliert,

bleibt ihm mehr von den atmosphärischen Niederschlägen erhalten; er besitzt also neben mehr löslichen Nährstoffen auch einen zur Bestellzeit größeren Vorrat an Wasser, d. h. an Transportmitteln für diese Nährstoffe. Endlich kommt auch die Bereicherung des Bodens durch die wilden Leguminosen hinzu, die den Luftstickstoff verwerten.

Diese Wirkung der Brache ist aber nur auf schweren Böden nachweisbar; auf Sandboden kann dagegen ein Verarmen stattfinden. Von den durch Zersetzung gebildeten, löslichen Pflanzennährstoffen kann der Sand wenig absorbieren und wenn daher ein stärkerer Regen kommt, werden dieselben zum großen Teil in die tiefen Bodenschichten gewaschen, wo sie nur besondern Tiefwurzlern erreichbar werden. Unter solchen Verhältnissen muß der Acker mit einer dichten Pflanzendecke bedeckt bleiben. Diese verwertet aber natürlich Wasser und Nährstoffe sogleich und speichert nichts für eine zukünftige Bestellung. Auch auf schweren Böden kann bei abnormen Witterungsverhältnissen der Einfluß der Brache mehr störend als fördernd sich zeigen. Wenn nämlich anhaltende Regen die an sich kleinen Bodenräume bei Thonböden längere Zeit durch Wasser verschlossen halten, nehmen die Zersetzungsprozesse der organischen Substanz eine andere Richtung an und liefern den Wurzeln schädliche Produkte. Wir kommen auf diesen Vorgang bei dem Begießen der Blumentöpfe speziell zurück.

Die Brache ist somit nur auf schwerem Boden bei normaler oder trockener Witterung von dem gewünschten Erfolg und die jetzige Kulturmethode hat diesen Weg der Bodenbereicherung längst verlassen und die direkte Zufuhr von Nährstoffen, also die Düngung ausschließlich zur Anwendung gebracht.

b) Die mineralischen Düngemittel.

Anfangs war die Stallmistdüngung der alleinige Ersatzweg; jetzt ist die Zufuhr künstlicher Dünger in den Vordergrund getreten. Dieselben enthalten zwar nicht, wie der Stalldünger alle Pflanzennährstoffe, aber bringen dafür die notwendigsten und wertvollsten in konzentrierterer Form auf den Acker. Es wird sich empfehlen, zunächst in der Praxis alle drei Hauptnährstoffe in genügender Menge zuzuführen und allmählich nach dem Bestand der Ernten zu beurteilen, welcher Dünger reichlicher und welcher in beschränkterem Maße notwendig für die Zukunft erscheint.

Je nach der Bedürftigkeit des Ackers verwende man Kali und lösliche Phosphorsäure zu etwa 60 bis 100 Pfd. pro Hektar; den Stickstoff in löslicher Form gebe man in halben Mengen.

Bemerkt man an den Kulturpflanzen eine Neigung, sehr ins Kraut zu gehen und sehr lange grün zu bleiben, so gehe man mit der Kali- und Stickstoffgabe zurück oder steigere die Phosphorsäurezufuhr.

Die gewöhnlichen Formen der mineralischen Stickstoffdünger sind das schwefelsaure Ammoniak und der Chilisalpeter (Natronsalpeter). Ersteres Salz muß, um aufnahmegünstig zu werden, in eine salpetersaure Verbindung im Boden sich umwandeln; daher ist es notwendig, dasselbe längere Zeit vor der Saat auf den Acker zu bringen. Der Chilisalpeter, der leicht löslich ist, aber vom Boden fast gar nicht absorbiert und daher leicht durch Regengüsse in den Untergrund gewaschen werden kann, darf nur kurz vor der Saat oder Bepflanzung zur Verwendung gelangen. Seine sofortige Wirksamkeit empfiehlt ihn dort zum Gebrauch, wo man Pflanzen, die durch äußere Störungen (Kälte, Hagel, Dürre) gelitten und bereits begonnen haben, sich zu erholen, zu beschleunigterer Vegetation anregen will.

Das Kali kommt in verschiedenen Formen in den Handel, nämlich sowohl als rohes schwefelsaures Kali, als auch als reineres einfaches und als dreifach oder fünffach konzentriertes Salz. Alle Präparate sind mit dem Boden tief zu vermischen, nicht obenauf zu bringen und zu einer Zeit dem Acker einzuverleiben, auf welche eine längere Feuchtigkeitsperiode mit Sicherheit zu erwarten steht (Herbst, Winter). Ist der Boden nicht an sich schon kalkreich, so empfiehlt es sich, bei der Düngung mit rohem (viel Chlormagnesium enthaltendem) schwefelsaurem Kali noch eine größere Gabe an Ätzkalk in Pulverform anzuwenden.

Welches von den käuflichen Kalisalzen im gegebenen Falle anzuwenden ist, wird z. T. von der Größe des Transportes abhängen. Bei weiten Entfernungen zwischen Kaufs- und Verwendungsort sind die konzentrierten Salze empfehlenswerter.

Die Phosphorsäure wird in verschiedenen Substanzen und Präparaten geliefert. Die sog. Rohphosphate und das Knochenmehl enthalten diesen Nährstoff in schwer löslicher Form und müssen infolgedessen lange vor der Bestellung in den Acker gebracht werden, eignen sich auch nur für Böden mit genügender, sicherer Feuchtigkeit und bei Herbstsaaten, die im kommenden Frühjahr ihre Hauptproduktion haben. Wünscht man von Knochenmehl eine schnellere Wirkung, so unterwerfe man es auf Haufen der Fermentation; den schnellsten Erfolg geben die Superphosphate. Will man gleichzeitig mit der Phosphorsäure noch Stickstoff dem Boden zuführen, so verwendet man eine Mischung von schwefelsaurem Ammoniak mit Superphosphaten, das sog. Ammoniak-Superphosphat. Den dritten

Hauptnährstoff, das Kali, neben Stickstoff und Phosphorsäure in leicht löslicher Form, enthält endlich der Peruguano. Letztere beiden Düngemittel werden sich bei ihrer augenblicklichen Wirksamkeit zu Kopfdüngungen, also oberflächlicher Nachdüngung schwächlicher Saaten und bei gärtnerischen Massenkulturen krautartiger Gewächse, namentlich Blattpflanzen besonders eignen. Von erstgenanntem Präparat aber unterscheide man wohl das Rohammoniak-Superphosphat, das nur bei Feldkulturen auf gute Feuchtigkeits- und Durchlüftungsverhältnisse besitzenden Äckern zur Benutzung kommen darf. Das Präparat besitzt nämlich eine Beimengung von Rhodanammon, das als Pflanzengift wirkt.

Ein in neuester Zeit zur vielfachen Verwendung gelangtes Präparat ist die von den Eisenhütten gelieferte Thomasschlacke, welche möglichst fein gepulvert (70—80% Feinmehl) zur Verteilung gelangt. Sie enthält etwa 40—50% phosphorsauren Kalk in verschiedenen Verbindungsformen (Tricalciumphosphat ꝛc.) außerdem Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Oxydul und Spuren von Magnesia, Chlor und Schwefel. Der Kalk kommt außer an Phosphorsäure gebunden auch in ziemlich beträchtlichen Mengen an Kieselsäure gebunden und frei als Ätzkalk vor. Die günstigste Wirkung zeigt dies Düngmittel auf Böden von sicherer Feuchtigkeit bei frühzeitiger Anwendung. Auf trocknen Böden gelangt es zu langsam zur Löslichkeit.

c) Die organischen Dungstoffe.

So vielfach in die Augen springende, günstige Resultate die Anwendung der mineralischen Düngemittel auch ergibt und so unentbehrlich dieselbe auch bei unserm jetzigen Wirtschaftsbetriebe ist, so wenig kann sie jedoch für die Dauer die Stallmistdüngung ersetzen. Unser Bestreben bei Feldkulturen muß darauf gerichtet sein, möglichst viel tierischen Dung zu erlangen und die Mineraldüngungen als Beidünger zu verwenden. Wir haben nämlich neben der chemischen Konstitution unserer Ackerflächen auch deren vorteilhafte mechanische Struktur stets im Auge zu behalten und diese wird durch Stalldung wesentlich gefördert, durch einseitige Mineraldüngungen aber kaum verbessert, wohl aber manchmal direkt geschädigt. Als Beispiel für derartige ungünstige Veränderungen guter Kulturländereien darf die ungeschickte Anwendung der Salpeter- und Kochsalzdüngung angeführt werden. Bei wiederholter einseitiger Salpeterdüngung auf thonreichen Böden werden die feinsten Thonpartikelchen durch Regengüsse in festerer, zusammenhängenderer Form aufgeschlämmt und niedergeschlagen.

Bei der leichten Auswaschbarkeit der salpetersauren Salze werden die Böden so dicht, daß das Gedeihen der Pflanzen behindert wird. Daher sieht man manchmal nach Salpeterdüngung anfangs schöne Ernten und später plötzlichen Rückgang. Ähnliche Ergebnisse stellen sich bei der für manche Pflanzen zur Anwendung gebrachten Kochsalzdüngung ein. Verdichtung bis zur Unmöglichkeit der Bearbeitung zeigen Bodenarten, die alkalische Carbonate in größerer Menge enthalten (Alkaliböden).

Stalldünger.

Da nun in erster Linie es die Aufgabe des Pflanzenzüchters ist, die günstige physikalische Beschaffenheit des Ackers herzustellen und zu erhalten, weil sonst die chemischen Veränderungen eine dem Pflanzenwachstum ungünstige Richtung einschlagen, so muß bei der Nachhilfe durch Düngung derjenige Dünger zuerst ins Auge gefaßt werden, der obigem Zwecke am besten dient und das ist der Stallmist.

Der Idealzustand eines Bodens ist, wenn derselbe sich wie ein Schwamm verhält, der Nährstoffe und Wasser in möglichst großer Menge zurückzuhalten vermag, ohne dabei seine reichliche Durchlüftbarkeit einzubüßen.

Diesem Zustande werden die schweren Böden durch den strohigen, die leichten durch den kurzen, verrotteten Stalldung entgegengeführt. Selbstverständlich ist nicht überall und jederzeit eine Stallmistdüngung anwendbar; es muß in jedem einzelnen Falle der Gärtner oder Landwirt erwägen, ob er zunächst die mechanische Beschaffenheit seines Ackerlandes ändern muß, oder nur auf intensive Nährstoffzufuhr durch Mineraldünger Rücksicht zu nehmen hat. Der Stallmist enthält nämlich wohl die gesamten notwendigen Nährstoffe, aber lange nicht in der konzentrierten Form, wie die künstlichen Düngemittel. Um einen annähernden Überblick über den Dungwert des Stallmistes zu geben, führen wir die Durchschnittszahlen an, die A. Mayer in seiner Agrikulturchemie nach den von Heiden berechneten Mittelzahlen veröffentlicht hat. Es enthalten demnach die Exkremente vom:

Pferd.

	im Koth:	im Harn:	im Gemisch beider:
Wasser	76 %	87—92 %	76—79 %
Org. Substanz	21 „	6,9 „	19 „
Stickstoff	0,4—0,5 „	1,5 „	0,6 „
Kali	0,35 „	1,6 „	?
Phosphorsäure	0,32 „	0 „	?
Gesamtasche	3,15 „	3,1 „	3,15 „

Rind.

	im Koth:	im Harn:	im Gemisch beider:
Wasser	82—85 %	92—95 %	86—89 %
Org. Substanz	14,6 „	3,2 „	10—12 „
Stickstoff	0,17—0,38 „	0,3—0,9 „	0,34—0,44 „
Kali	0,05 „	1,3 „	
Phosphorsäure	0,15 „	0 „	
Gesamtasche	1,9 „	3,1 „	2,1 — 2,4 „

Schaf.

Wasser	57—75 %	85—90 %	67,0 %
Org. Substanz	24—37 „	5—10 „	27,5 „
Stickstoff	0,5—0,7 „	1,3—2,5 „	0,9 „
Kali	0,1—0,4 „	2,1—3,3 „	?
Phosphorsäure	0,3—0,6 „	Spur	?
Gesamtasche	3,0—5,7 „	3,2—6 „	5,4 „

Schwein.

Wasser	77—84 %	98 %	82 %
Org. Substanz	10—15 „	1 „	14 „
Stickstoff	0,7 „	0,23 „	0,6 „
Kali	0,27 „	0,7 „	?
Phosphorsäure	0,4 „	?	?
Asche	6,5—7,5 „	1,0 „	3,7 „

	Taubenkot:	Hühnerkot:	Entenkot:	Gänsekot:
Wasser	62 %	65 %	53 %	82 %
Org. Substanz	31—32 „	21—26 „	40 „	14 „
Stickstoff	1,2—2,4 „	0,7—1,9 „	0,8 „	0,6 „
Alkalisalze	2,0—2,2 „	1,2—4,0 „	0,4 „	3,1 „
Phosphate	3,0—4,2 „	(0,9 Kali) 2,0—5,0 „	3,5 „	0,9 „
Asche	6,0—7,0 „	1,2 Phosphorsäure 9,0—14,0 „	7,0 „	4,0 „

	Frische Menschenexkremente:	Abtrittsdünger:
Wasser	92,9 %	97,0 %
Organische Substanz	5,7 „	1,5 „
Stickstoff	1,06 „	0,35 „
Kali	0,22 „	0,20 „
Phosphorsäure	0,23 „	0,28 „
Asche	1,37 „	1,5 „

Nehmen wir nun zum Vergleich den vollkommensten der künstlichen Dünger organischen Ursprungs, nämlich den Guano, so enthalten:

	Peruguano:	Baker-Guano:	Sombrero-Guano:
Waſſer	14,8 %	3,3—10,5 %	2,9—10,1 %
Org. Subſtanz und Ammoniakſalze	52,4 „	6,6— 9,5 „	4,7— 6,6 „
Stickſtoff	14,4 „	0,3— 1,0 „	?
Phosphorſäure	13,5 „	37,0—40,3 „	32,5—39,6 „
Alkaliſalze	7,4 Kali	0,1— 0,6 „	Spuren
	Kalk	39,1—43,5 „	22,7—51,7 „
Aſche	32,8 „	80,8—89,7 „	85,0—90,0 „

Von den reinen Mineraldüngern, die nur einzelne Nährſtoffe in konzentrierter Form enthalten, iſt der Prozentſatz derſelben in jeder Kaufsanzeige erſichtlich.

Im Stalldünger ſind aber die tieriſchen Exkremente der Maſſe nach nicht die Hauptſache, ſondern die Einſtreu, die als Aufſaugungsmaterial dient. Dieſelbe beſteht wohl noch in der Mehrzahl der Fälle aus Stroh; wir geben daher jetzt eine Durchſchnittsanalyſe von Getreideſtroh und des Vergleichs wegen auch Durchſchnittszahlen über die Zuſammenſetzung von herbſtlichem Baumlaub und friſcher Nadelſtreu (von Fichten und Kiefern.*)

	Getreideſtroh:	Erbſenſtroh:	Herbſtl. Baumlaub:	Friſche Nadelſtreu Fichte u. Kiefer:
Waſſer	12—21 %	12—17 %	13—15 %	47,5 %
Org. Subſtanz	75—83 „	82—83 „	78—81 „	52,0 „
Holzfaſer	29—55 „	34—52 „	11—16 „	?
Stickſtoff	0,3—0,9 „	2,0 „	0,8—1,4 „	0,5 —0,9
Kali	0,5—1,1 „	1,1 „	0,15—0,4 „	0,03—0,1
Phosphorſäure	0,2—0,3 „	0,4 „	0,2—0,3 „	0,1 —0,2
Aſche	3,0—8,0 „	3,0—4,0 „	4,2—5,7 „	0,8

Wenn wir den gewöhnlichen Stalldünger (als ein Gemenge von einzelnen der erwähnten tieriſchen Exkremente und Streumaterialien betrachtet), dem Boden übergeben, ſo iſt dabei unſer Wunſch, eine möglichſt vorteilhafte Verwertung desſelben zu erlangen. Eine ſolche iſt nur möglich, wenn wir die fortwährend ſich abſpielenden Zerſetzungsvorgänge in richtigen Bahnen erhalten. Sie werden in der gewünſchten Richtung vor ſich gehen, wenn die genügende Sauerſtoffzufuhr vorhanden iſt; es treten dann Oxy-

* Es kann nicht Aufgabe des Buches ſein, alle zur Düngung herbeigezogenen Materialien einer Beſprechung zu unterziehen, obgleich die praktiſche Wichtigkeit des Themas anerkannt wird. Hier handelt es ſich aber nur darum, an den bekannteſten Stoffen das Weſen der Düngung zu erläutern, ſoweit es für die phyſiologiſchen Vorgänge im Pflanzenleibe von Wichtigkeit iſt. Dies gilt auch für andere Fragen, die ſpeziell in das Gebiet der Agrikulturchemie gehören.

dationsprozesse, die wir als Verwesung und bei stickstoffhaltigen Substanzen als Fäulnis bezeichnen, ein. Wenn dagegen der Sauerstoffzutritt mangelhaft ist oder gänzlich aufhört, so stellen sich Reduktionserscheinungen, Vermoderungsvorgänge* ein, deren Produkte für das Pflanzenleben vielfach schädlich wirken.

Durch den Verwesungsprozeß und die Fäulnis, die stets unter der Einwirkung von Bakterien sich vollziehen, werden aus der organischen Substanz Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und freier Stickstoff gebildet, die sich z. T. verflüchtigen und die in der Substanz vorhandenen Mineralstoffe in einer leicht assimilierbaren Form zurücklassen. Das Ammoniak geht durch die Bakterien in Salpetersäure über; die Kohlensäurebildung kann auch bei Sauerstoffabschluß sich zeigen, ist jedoch bei Zutritt desselben bis zu einer bestimmten Grenze reichlicher.

Nicht ohne Einfluß sind natürlich Licht und Wärme. Während das Licht aber hemmend auf die Salpetersäurebildung wirkt, weil die hierbei beteiligten Bakterien wahrscheinlich lichtfliehend sich verhalten, veranlaßt die Wärmezunahme bis etwa 37 ° C. eine Steigerung der Nitrifikation (Salpetersäurebildung); höhere Temperaturen bedingen eine Abnahme des Prozesses. Das Maximum der Kohlensäureentwicklung zeigt sich ungefähr bei 60 ° C.

Die Zersetzung der organischen Substanz wird durch Feuchtigkeit wesentlich gefördert, so lange noch Bodenporen genug offen sind, um dem Sauerstoff Zutritt zu gestatten; jedoch hört auch in einem gänzlich durchnäßten Boden die Kohlensäurebildung nicht auf.

Selbstverständlich hängt die absolute Menge der innerhalb einer bestimmten Zeit gelieferten Kohlensäure und Salpetersäure wesentlich von der Beschaffenheit der der Zersetzung anheimfallenden Substanz und von den gelegentlichen Beimengungen ab. Über die Schnelligkeit der Zersetzung verschiedener Dungsubstanzen geben die folgenden Zahlen einen Anhaltspunkt, welche die Menge der in 1000 Vol. Luft enthaltenen Kohlensäurevolumina anzeigen, wenn 1 Gr. der Substanz 24 Stunden der Selbstzersetzung überlassen ist. Während gedämpftes Knochenmehl 31, Peruguano 24, Taubenkot 26, frischer Schweinedünger 14, mäßig zersetzter Pferdedünger 12, frischer Rindviehdünger 13, und nach 3 Monaten noch 9 Volumina Kohlensäure liefern, geben Torf nur 2, Sägespäne 5, Hornmehl 6, Laubstreu

* Von einigen Autoren werden die Reduktionsvorgänge auch „Fäulnis" genannt In der vorliegenden Arbeit bezeichnen wir als Fäulnis stets nur Oxydationsprozesse.

7—8, Nadelstreu 9, Getreidestroh 17—19, Erbsen- und Bohnenstroh 22 Kohlensäurevolumina. So vorteilhaft sich im allgemeinen eine Beigabe von Ätzkalk in späteren Stadien der Zersetzung durch Bildung humussauren Kalkes, der sich leichter als die Humussäuren zersetzt, erweist, so wirkt sie doch anfangs auf die noch unzersetzte Substanz hemmend ein (Wollny). Ebenso wirken Mineralsäuren selbst in geringen Mengen hemmend auf die Verwesung, schwache Lösungen kohlensaurer Alkalien dagegen fördernd. Ebenso wirken schwache Beigaben vom Natronsalpeter fördernd, reichliche hemmend; Kochsalz wirkt immer hindernd auf den Verwesungsprozeß.

Für die allgemeine Beurteilung der Zersetzungsschnelligkeit der organischen Düngemittel kann man sich an folgende Reihe halten. Am schnellsten zersetzen sich Knochenmehl, Fleischguano, Fleischmehl, die Exkremente des Hausgeflügels; langsamer ist die Zersetzung bei den Stroharten und dem Stalldünger, und noch mehr Zeit beanspruchen Ledermehl, Hornmehl, Waldstreu und Sägespäne; Torf verwest am schwierigsten.

Von der Zersetzungsschnelligkeit hängt unter sonst gleichen Verhältnissen die Wärmeentwicklung des Düngers ab. Pferdedünger erwärmt den Boden am meisten, Rindviehdünger am wenigsten; Roggenstroh entwickelt weniger Wärme, wie das stickstoffreichere Bohnenstroh ꝛc.

§ 9. — Wie befriedigt der Boden am besten das Atmungsbedürfnis der Wurzel?

Nicht nur deshalb, weil die Nährstofflösungen in einer außerordentlich großen Menge in den Poren festgehalten werden, haben wir den Idealzustand eines Bodens mit der Beschaffenheit des Waschschwammes verglichen, sondern auch wegen der leichten Durchlüftbarkeit. Die Wurzel muß atmen und hat deshalb bei unsern Kulturpflanzen ein großes Luftbedürfnis, dessen Befriedigung eine solche Bodenstruktur verlangt, daß bis zu genügender Tiefe ein entsprechender Austausch zwischen Außenluft und Bodenluft stattfinden kann. Daher erklärt sich die Vorteilhaftigkeit einer Zufuhr organischer, humusbildender Substanzen sowohl für leichte als für schwere Böden. Es ist aber nicht gleichgültig, welcher Art die Bodenluft ist; diese kann bei unrichtigem Gange der Zersetzungsprozesse im Boden eine den Wurzelkörper krankmachende sein, und da wir bei jeder Bodenbearbeitung und Düngung die Bodenstruktur und damit das Durchlüftungsvermögen ändern, so haben wir alle Ursache, bei jeder Arbeit im Acker auf einen günstigen Luftaustausch Rücksicht zu nehmen.

Die Bodenluft hat nicht dieselbe Zusammensetzung wie die atmosphärische; denn im Erdboden findet ein steter Sauerstoffverbrauch durch den Verwesungsprozeß der organischen Substanz statt, und die Wurzel selbst zeigt eine stete Gasaufnahme und Abgabe, ganz abgesehen davon, daß Gase auch physikalisch (Absorption) durch einzelne Bodenbestandteile gebunden werden. Von diesen Gasen interessieren uns hier nur Sauerstoff und Kohlensäure; anderer Gase, wie des Stickstoffs und seiner Wasserstoffverbindung (des Ammoniaks) ist bereits früher gedacht worden.

Im allgemeinen können wir festhalten, daß die Bodenluft fast stets reicher an Kohlensäure und ärmer an Sauerstoff ist. Die Schnelligkeit des Austausches hängt von den Luftdruck- und Feuchtigkeitsverhältnissen ab. Je größer die wasserfassende Kraft (Wasserkapacität) eines Bodens, desto größere Schwankungen kann die Durchdringbarkeit (Permeabilität) erleiden; wenn viel Wasser eintritt, geht die Durchlüftbarkeit schnell zurück. Eine Lockerung wird in um so höherem Grade die Permeabilität vergrößern, je feinkörniger der Boden ist.

Eine vorübergehende Verminderung der Permeabilität wird der Frost hervorbringen, indem das Wasser in den Bodenzwischenräumen durch seine Ausdehnung beim Gefrieren die Bodenporen verkleinert und in diesen Poren selbst unbeweglich wird. Wenn wir nun durch Zufuhr organischer, grober Substanzen die Bodenzwischenräume vergrößern, so schaffen wir damit gleichzeitig eine Kohlensäurequelle hinein, die so lange anhält, als Sauerstoff eindringen kann, der die Verwesung unterhält. In rein mineralischem Boden ist die Luft nicht viel sauerstoffärmer als die atmosphärische. Zwar hört die Kohlensäureproduktion nicht gänzlich auf, wenn der Luftsauerstoff abgeschlossen ist, weil entweder auf Kosten des in der organischen Substanz vorhandenen oder des durch Reduktion der Mineralsubstanzen entstandenen Sauerstoffs die Verwesung fortschreitet; indes ist dieser Vorgang verhältnismäßig wenig ausgiebig.

Obgleich für die Atmungsthätigkeit der Wurzel der Sauerstoffgehalt der Bodenluft maßgebend ist, so sind wir doch auf die Kohlensäure im Boden eingegangen in Rücksicht auf die chemische Wirkung, welche diese in Luft und Wasser auf die Bodenzersetzung ausübt, und damit wiederum Veränderungen in der physikalischen Konstitution hervorruft.

Destilliertes Wasser kann dem Acker natürlich nur die wasserlöslichen Stoffe entziehen und bei dem Verdunsten absetzen. Das mit Kohlensäure beladene Wasser aber macht Verbindungen löslich, die in reinem Wasser unlöslich sind, wie z. B. die kohlensauren Salze des Kalkes, der Mag-

neſia, des Eiſenoxyduls und des Manganoxyduls. Der einfach kohlenſaure Kalk wird in doppelt kohlenſauren umgewandelt; die phosphorſauren Kalk- und Magneſiaſalze werden durch die Kohlenſäure löslich und in gleicher Weiſe das phosphorſaure und kieſelſaure Eiſenoxyd, Eiſenoxydul und die Verbindungen von Kali, Natron, Kalk und Magneſia mit der Kieſelſäure.

Ebenſo wie die im Waſſer gelöſte wirkt auch die Kohlenſäure der Luft in Gemeinſchaft mit dem Sauerſtoff. Letzterer führt die Eiſen- und Manganoxydule in Oxyde über, welche mehr Raum einnehmen als die Oxydule und auf dieſe Weiſe die Mineralien zerklüften helfen, indem ſie ſich Raum ſchaffen. Der im Boden vorkommende gelbe oder bräunliche Eiſenkies ($Fe\,S^2$) wird bei Zutritt von Waſſer unter dem Einfluß der Luft zu Eiſenvitriol, alſo ſchwefelſaurem Eiſenoxydul und freier Schwefelſäure. Löſen ſich dieſe Produkte in Waſſer, ſo wandeln ſie den kohlenſauren Kalk zu Gips, das Kochſalz zu Glauberſalz und die Magneſia aus dem Eiſenoxydul führenden, unfruchtbaren Braunſpat (Dolomit) in Bitterſalz um; der unlöslich dreibaſiſch phosphorſaure Kalk wird in den löslichen phosphorſauren Kalk und der Thon in ſchwefelſaure Thonerde und Kieſelſäure umgeſetzt.

Durch dieſe Verwitterungserſcheinungen wird die Menge der für die Wurzel zur energiſchen Arbeit notwendigen, löslichen Nährſtoffe erhöht. Zu deren thunlichſt günſtiger Verwendung gehört die Erhaltung einer möglichſt gleichmäßigen Sauerſtoffzufuhr für die Atmung und dieſe Gleichmäßigkeit wird erzeugt durch gleichmäßigen phyſikaliſchen Aufbau des Bodens. Ein ſolcher wird durch die Verwitterungsprozeſſe eben hergeſtellt. Die feſteſten Steine können der Kohlenſäure keinen dauernden Widerſtand leiſten. Denken wir nur z. B. an große, aus der Erde ragende Granitſtücke, deren Oberfläche wie zernagt erſcheint und durch den Fingerdruck ſchon abbröckelt. Die zernagte Oberfläche kommt daher, daß die Kohlenſäure aus dem einen Beſtandteil des Granits, dem Feldſpat, zunächſt das Kali und Natron frei macht; die Feldſpatmaſſe zerfällt zu Thon, aus welchem nun die widerſtandsfähigeren Quarz- und Glimmerſtückchen zackig herausragen. Indem aus den Silikaten (kieſelſauren Salzen) das mit Kohlenſäure beladene Waſſer die Monoxyde (Eiſenoxydul, Kali, Natron, Kalk, Magneſia) löſt und ſich mit ihnen verbindet, macht es etwas Thonerdehydrat, das ſich mit Kohlenſäure nur ſchwer verbindet und auch eine geringe Menge Kieſelſäure frei. Aus dem Kalifeldſpat (Orthoklas $K^2\,O.\,3\,Si\,O^2 + Al^2\,O\,3.\,3\,Si\,O^2$) kommt auf dieſe Weiſe ein großer Teil des als Nährſtoff unentbehrlichen Kali. Der Regen führt nun all-

mählich die genannten Monoxyde und wohl auch die Sesquioxyde (Eisenoxyd, Thonerde) weiter, bis schließlich eine mürbe, fein zerteilte Masse zurückbleibt, die nur das kaum mehr veränderliche Bodenskelett, den Quarz als feinen Sand und Silikate enthält.

Um nun einen Begriff von der Durchlüftbarkeit der bei dem geschilderten Verwitterungsprozesse in stets wechselnden Mengen vorhandenen und sich bildenden Bodenbestandteile zu bekommen, geben wir eine Tabelle von Ammon wieder, welche anzeigt, wieviel Liter Luft in einer Stunde bei 40 mm Wasserdruck durch eine Bodensäule von 50 cm Höhe bei einem Versuche hindurchdringen.

Lehm	in Pulverform	1,62 Liter
Kaolin		2,84 „
Humoser Kalksand		3,32 „
Kreide		3,78 „
Reiner Kalksand	Größe der Stückchen bis 0,25 mm.	4,24
Torf		5,04
Quarzsand		16,80
gekrümelter Lehm	0,25—0,50 mm Korngröße	30,90
Quarzsand		41,04
Quarzsand	0,50—1,0 mm Korngröße	92,24
gekrümelter Lehm		123,75
Quarzsand	1,0—2,0 mm Korngröße	287,57
gekrümelter Lehm		420,16

Diese Tabelle ist auch insofern interessant, als sie den Einfluß der Krümelung bei schwer durchlässigen Bodenarten zeigt. Der gekrümelte Lehm ist hier lockerer wie der grobkörnige Sandboden geworden; aber Lehmpulver kann schon in geringeren Beimengungen zu Quarzsand die Durchlüftungsfähigkeit desselben bedeutend herabmindern, ja die Dicke einer solchen in Sandboden etwa eingefügten, schmalen Lehmschicht wirkt bestimmend auf die Durchlüftungsfähigkeit der ganzen Bodensäule, indem von ihr das Quantum der durchtretenden Luft abhängig ist. Auch der Feuchtigkeitsgehalt von Luft und Boden sind für die Menge der in einer Zeiteinheit unter sonst gleichen Umständen durchfließenden Luft von Bedeutung. Trockne Luft ist in einem feuchten Boden leichter beweglich, wie mit Wasserdampf stark beladene, und dieselbe Luft geht schneller durch einen trocknen, als durch einen nassen, am besten aber durch einen schwach angefeuchteten Boden; dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß bei geringer Anfeuchtung staubfeine Sandpartikelchen zur Krümelbildung gebracht werden.

Wie sehr die sämtlichen physikalischen Eigenschaften sich ändern mit den Mengenverhältnissen, in denen Thon und Sand in einem Acker zu einander stehen und ein wie stark eingreifender Faktor für die Bodenstruktur der Stalldünger ist, ersehen wir aus folgenden, von Masure herrührenden Zahlen.

	Gartenerde:	Sand:	Staubförmiger Kalk:	Thon:	Stalldünger:
Sättigungskapacität d. Bodenkomponenten für Regenwasser auf 1 Volumen bezogen .	0,39	0,30	0,44	0,68	0,56
Der mit Wasser gesättigte Boden trocknet aus pro Tag in mm	4,20	3,70	3,50	4,30	4,50
Die Wasserdampf kondensierende Kraft (Hygroscopicität) betrug für 100 gr Bodensubstanz an Wasser in gr .	5,60	2,10	3,60	7,0	41,0
Erwärmungsfähigkeit, ausgedrückt als Überschuß der Temperatur der trocknen Bodensubstanzen über der Temperatur der umgebenden Luft	14,2	10,7	9,0	11,50	14,70
Nächtliche Abkühlung, also Temperatur unter derjenigen der umgebenden Luft .	—1,60	—1,7	—1,8	—1,8	- 0,8
Durchlüftungsfähigkeit, ausgedrückt in Gewichten Sauerstoff, welchen 100 gr Substanz absorbieren können .	14—18	1,60	10,10	15,30	20,30

§ 10. — Wie verbessern wir die Äcker behufs Erreichung möglichst hoher Kulturfähigkeit?

Wenn wir die in der Praxis übliche Einteilung der Äcker in Sandböden, Kalk- und Thonböden festhalten, dürften wir am besten einen Überblick gewinnen.

Der Charakter der Sandböden besteht zunächst darin, daß dieselben sich mit einer verhältnismäßig nur geringen Menge von Wasser sättigen können. Je kleiner gekörnt der Sand ist, desto dichter und weniger porös wird der Boden, desto mehr wächst dabei aber auch seine Fähigkeit, einen kleinen Wasservorrat in seinen unteren Lagen zurückzuhalten und auf seiner Oberfläche atmosphärischen Wasserdampf zu kondensieren. Staub-

feiner Sand ist wegen seiner zu großen Dichtigkeit schädlich. In besonders kalten Lagen von Vorteil, gewöhnlich aber von Nachteil ist die starke Erwärmungsfähigkeit der oberen Schichten durch die Sonnenstrahlen. Seine Absorptionsfähigkeit für Sauerstoff ist gering. Zur Verbesserung der erwähnten Fehler gehören große Mengen Stalldünger, wodurch besonders das Regenwasser in genügenden Mengen zurückgehalten und gleichzeitig die Wasseransprüche der einzelnen Kulturpflanzen herabgedrückt werden. Es hat sich nämlich durch Versuche herausgestellt, daß in einem gut gedüngten Boden die Wurzel zur Produktion einer gewissen Menge von Pflanzensubstanz weniger Wasser aufzunehmen braucht, als in einem nährstoffarmen wenn auch wasserreichen Acker. Die Wurzel muß gleichsam ein bestimmtes Quantum Bodennährstoffe für jedes Gramm Trockensubstanz, das die Blätter herstellen sollen, nach oben hin zuführen. Ist nun die Lösung, welche die Wurzel im Boden vorfindet, sehr wenig konzentriert, dann muß eben viel von dieser verdünnten Lösung in den Pflanzenleib eingeführt und infolgedessen dann auch viel Wasser von den Blättern ausgeschwitzt werden. Thatsächlich verdunstet innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit ein □-cm Blattfläche viel mehr, wenn die Pflanze in wenig konzentrierten Nährlösungen steht, als dort, wo sie die zusagende Konzentration findet. Eine gute Unterstützung bei der Einsaat ist es, wenn trockne, warme Sandböden gewalzt werden, weil dadurch ihre Widerstandsfähigkeit gegen das Austrocknen erhöht wird.

Die Kreide- und Mergelböden sind die gewöhnlichen Formen des Kalkbodens. Der Kreideboden besteht aus Kalksand, dem ein größerer oder geringerer Prozentsatz von staubförmigem Kalk beigemengt ist. Aus der im vorigen Abschnitt gegebenen Tabelle ist zu ersehen, daß der Kalk mehr Wasser halten kann, als der Sand und nicht so schnell austrocknet; außerdem ist seine Dichtigkeit geringer, seine Durchlüftbarkeit größer. In der Sonne erwärmt er sich nicht so sehr wie der Sand, dessen Hygroskopicität er aber nur wenig übertrifft. Die Behandlung der Kreideböden wird diejenige der Sandböden sein; letztere werden aber von ersteren übertroffen durch schnellere und bessere Ausnutzung des Dungmaterials.

In den Mergelböden stellt sich ein inniges Gemenge von staubartigem Kalk und von Thon dar, dessen Eigenschaften vorherrschen und ausschlaggebend sind; daher wird die Kultur des Mergelbodens wie die des reinen Thonbodens einzurichten sein. Die größere Fruchtbarkeit des Mergels erklärt sich aus dem Kalkgehalt, worauf bei dem „Kalken" der Acker speziell zurückgekommen werden soll.

Als Thonboden ist jeder Acker anzusprechen, in welchem so viel Thon enthalten ist, daß seine Eigenschaften das Übergewicht erlangen; dies ist schon bei einer Beimengung von etwa 30 % der Fall. Hier zeigt sich somit eine außerordentlich starke wasserhaltende Kraft und infolgedessen das schwere Austrocknen. Ist die Atmosphäre feucht, so sowird infolge der großen Hygroskopicität ein allzustarkes Trockenwerden vermieden; bei dauernd heißer und trockener Luft bekommt der Boden Risse und verdunstet dadurch in noch höherem Grade. Seine Erwärmbarkeit an der Sonne ist so groß wie bei dem Sande; rechnet man nun noch seine Fähigkeit, viel Sauerstoff zu absorbieren, hinzu, so wird man in dem Thon ein Bodenelement erkennen, das die Zersetzung des Düngers erleichtert, wenn nicht der Hauptfehler dieser Bodenart, die große Nässe, hindernd in den Weg tritt. Zur Bekämpfung dieses Übelstandes ist die Drainage unerläßlich; außerdem wird tiefes Pflügen und wiederholtes Eggen zu gleichmäßiger Krümelbildung erforderlich sein. Starke Zufuhr strohigen Düngers macht sich sehr gut bezahlt, da hierdurch die gewünschte Porosität und Durchlüftbarkeit des Bodens erhalten wird.

Das Hauptverbesserungsmittel ist, wie wir gesehen haben, der Stalldünger, auf dessen Nährstoffgehalt wir schon früher hingewiesen haben. Abgesehen von den düngenden Wirkungen erweist sich derselbe infolge seiner Fähigkeit, große Mengen Regenwasser zurückzuhalten, vielfach sehr vorteilhaft; er kann ebensoviel und bisweilen noch etwas mehr als sein Eigengewicht beträgt, an Wasser aufnehmen. Bei seiner großen Porosität verliert er zwar auch in kurzer Zeit das Wasser, aber dann beschafft seine bedeutende Hygroskopicität meist die für die Vegetation nötige Menge des unerläßlichen Vegetationsfaktors. Lufttrockner Stalldung kann 40 % seines Gewichtes vermöge seiner Hygroskopicität an Wasser zurückhalten; diese Aufnahme von Wasserdampf erfolgt bei dem in den oberen Bodenschichten befindlichen Stalldung am reichlichsten gegen Ende der Nacht und aus diesem Tau empfängt der Boden Kohlensäure, Ammoniaksalze und Nitrate, die der Vegetation zum Vorteil gereichen. Außer seinem eigenen Gehalt an Nährstoffen besitzt somit der Stallmist die Fähigkeit, den Acker noch nachträglich zu bereichern und diese Erhöhung der Fruchtbarkeit wird noch dadurch bestärkt, daß der Stalldünger mehr als jede andere Substanz des Bodens imstande ist, die Sonnenwärme und den Sauerstoff der Luft zu absorbieren, dadurch die Zersetzungsvorgänge im Boden zu beschleunigen und die für das Leben der Wurzel günstigen Verhältnisse einzuleiten und zu erhalten.

Die Stallmiſtdüngung wird ſomit für allen Feldbetrieb ſtets die Baſis der Bodenverbeſſerung bleiben; die künſtlichen Düngemittel ſind Hilfsdünger.

Dort, wo der Gartenbau landwirtſchaftlich derartig im großen betrieben wird, daß der Mangel an Stalldung auf Außenſchlägen eintreten könnte, empfiehlt ſich die Gründüngung, d. h. das Unterackern einer noch nicht bis zur Samenreife gediehenen Ernte. Wegen ihrer ſtickſtoffſammelnden Eigenſchaften ſind Lupinen, Serradelle und andre Leguminoſen zur Bereicherung armer Böden beſonders empfehlenswert; außerdem nimmt man wohl auch Spörgel und Buchweizen oder auf beſſern Äckern den weißen Senf.

Vielfach läßt ſich ſchließlich das Kalken, Mergeln und Gipſen der Äcker als Verbeſſerungsmittel anwenden.

Auf ſchweren, leicht ſchließenden, humusarmen Thonböden, welche ſich im feuchten Zuſtande an die Ackerwerkzeuge anſetzen und im trocknen Zuſtande große, ſchwer zerfallende Schollen bilden, kann man die Bearbeitungsfähigkeit wohl für die Frühjahrsbeſtellung durch das Umbrechen und Liegenlaſſen in rauher Furche während des Winters erlangen. Allein dieſer mürbe Zuſtand verliert ſich im Laufe des Sommers wieder nach ſtarken Regengüſſen. Kann man gegen die Zähigkeit des Bodens nicht durch Zufuhr von ſtrohigem Stalldünger, Humus oder Moorerde ankämpfen, dann greife man zum Kalken und Mergeln.

Die dadurch hervorgerufene Lockerung wird im weſentlichen wohl durch die chemiſche Wirkung des Kalkes bedingt. Wenn man bei anhaltend trockner Witterung zu ſchneller Anwendung ſchreiten muß und nicht auf den natürlichen Zerfall des Kalkſteins warten kann oder Staubkalk nicht zur Verfügung hat, empfiehlt ſich folgendes Verfahren: Man fülle den gebrannten Kalkſtein in Körbe und tauche dieſelben ſo lange unter Waſſer, bis keine Luftblaſen mehr aufſteigen (3—4 Minuten), um dann ſofort die Stücke auf Haufen zu ſchichten. Sie zerfallen (löſchen ſich) von ſelbſt und der Kalkſtein, der durch das vorhergegangene Brennen ſeine Kohlenſäure abgegeben hat, bildet nun ein weißes Pulver aus Calciumhydroxyd ($Ca H^2 O^2$), den ſog. gelöſchten Kalk, der ſich in 730 Teilen kalten oder in 1300 Teilen kochenden Waſſers löſt. (Kalkwaſſer.)

Der Kalk greift die Silikate im Thonboden an, zerſetzt ſie und macht lösliche Kaliumverbindungen frei; außerdem begünſtigt er durch ſchnellere Zerſtörung der organiſchen Subſtanz deren Verweſung. Aber dieſer letztere Umſtand iſt auch die Urſache, daß ein Boden mit ſeinem Düngerkapital

früher fertig wird, als ein ungekalkter; deshalb sagt man auch, Kalkboden sei ein „zehrender“ Boden.

Betreffs der technischen Ausführung ist zunächst zu bemerken, daß das Kalkpulver bei windstillem Wetter recht gleichmäßig mit der Hand oder einer passenden Schaufel auf dem Acker zu verteilen ist. Vorteilhaft ist es, den Kalk auf den Stoppel im Herbst zu streuen und dann flach unter zu ackern; ist man genötigt, bis zum Frühjahr zu warten, so streue man möglichst zeitig vor der Saat, sobald der Boden einigermaßen abgetrocknet ist. Kleinere Quantitäten (15—30 Ztr. pro Hektar) in Zwischenräumen von je 5 Jahren etwa wiederholt, erweisen sich nützlicher als eine einmalige starke Kalkung, weil durch letztere die Humuszersetzung eine so heftige wird, daß für die späteren Ernten zu wenig übrig bleibt. Selbstverständlich ist obiges Maß der Kalkzufuhr nur als ungefähre Angabe zu betrachten; das zuzuführende Quantum hat sich nach der Bodenart zu richten. Auf armen Sandböden sei man überhaupt vorsichtig, während man bei zähem Thonboden mit großen Mengen arbeiten kann. Die am schnellsten in die Augen springenden Resultate wird ein humoser aber kalkarmer Boden liefern, auf dem der kleine Sauerampfer (Rumex Acetosella) reichlich wächst. In solchen Fällen wirkt der Kalk auch direkt als Pflanzennährstoff.

Da bei dem Mergeln der Kalk ebenfalls das wirksame Prinzip ist, so ergiebt sich von vornherein, daß ein thoniger und zugleich humusreicher Boden das Mergeln besser verträgt und lohnt, als ein magerer Sandboden. Ein solcher kann von Thonmergel größere Gaben bekommen, als von Kalk- oder Sandmergel. Letztere sind wieder vorteilhafter für Thonböden. Das gefürchtete „Ausmergeln“ wird nur dann eintreten, wenn man nicht Stalldünger genug zuführen kann; dieser bleibt nun einmal die Basis für eine dauernde Fruchtbarkeit des Ackers.

Neben der beschleunigten Zersetzung der organischen Substanzen durch den Kalk, infolge deren die Kohlensäureproduktion im Boden auf das Vierfache und mehr gesteigert wird, wirkt der Kalk auch durch die Bindung von freien, dem Pflanzenwachstum schädlichen Säuren, sowie durch Verwandlung des Eisenoxyduls in Oxyd und durch Vermittlung größerer Absorption der basischen Nährstoffe. Die Basen werden im Boden als wasserhaltige Silikate und als humussaure Salze festgehalten. Die Basen müssen, wenn sie von den Humuskörpern absorbiert werden sollen, an Kohlensäure gebunden im Boden sich vorfinden. Die Bildung derartiger kohlensauren Salze vermittelt der Kalk. Außer diesen indirekten Wirkungen des Mergels sind auch direkte zu verzeichnen; es findet nämlich auch eine direkte

Bereicherung des Nährstoffkapitals statt, da jeder Mergel Kali, Phosphorsäure und Magnesia enthält.

Das schon den Römern und Griechen als vorteilhaft bekannte Gipsen wirkt dadurch, daß die Gipslösung das absorbierte Kali im Boden als schwefelsaures Salz frei macht, während der Kalk sich niederschlägt. Die Praktiker empfehlen, den Gips auf frisch betaute oder beregnete Pflanzen zu streuen; diese Methode hat ihre Berechtigung, da auf den nassen Pflanzen sich schnell eine Gipslösung bildet, die dann abtropft und sofort in unmittelbarer Nähe der Wurzeln wirksam wird.

§ 11. — Wie gestaltet sich die Ernährung der Topfgewächse?

Die Gesichtspunkte, welche wir bei Besprechung der Düngung der Freilandkulturen als maßgebend zu betrachten hatten, gelangen bei den Topfkulturen nur in beschränktem Maße zur Anwendung, weil nur in ganz seltenen Fällen grober Vernachlässigung von einem wirklichen Nährstoffmangel die Rede sein kann. Die Kulturerden, die wir bei der Topfpflanzenzucht zur Anwendung bringen, enthalten sämtlich, selbst die ärmsten, zunächst ausreichendes Nährstoffkapital; aber auch die fettesten und nährstoffreichsten können bei dem beschränkten Topfraume nur für eine gewisse Zeit vorhalten. Überall muß Ersatz durch Verpflanzen geschaffen werden und es handelt sich für den Züchter nur darum, die richtige Verpflanzzeit zu wählen.

Wenn also die Pflanzenwurzel in jeder Erde ihr Nährstoffbedürfnis decken kann, so ist die in der Praxis übliche Wahl von Haide-Erde, Laub- oder Moor-Erde, Lehm und Rasenerde u. s. w. nicht darum geboten, weil in der einen Bodensorte vielleicht Nährstoffe enthalten sind, die einer andern fehlen oder weil die eine Bodenart gewisse Nährstoffe in viel reicherem Maße enthält, wie eine andere Kulturerde. Solche Unterschiede existieren freilich bei den verschiedenen Erdarten,*) fallen aber bei der Topfpflanzen-

*) Einen Einblick in den Nährstoffgehalt einer aus Laub entstandenen Erde gegenüber einer aus Nadelstreu gebildeten (manche Haide-Erden) gewähren Analysen von Loges. Derselbe fand in der Trockensubstanz von

	Weide, Salix Caprea,	Zitterpappel, Pop. tremula,	Kiefer, Pinus silv.,	Fichte. Picea excelsa.
an Stickstoff	1,46 %	0,97 %	0,95 %	0,81 %
Rohfett	4,08 „	9,49 „	8,72 „	12,01 „
Kohlenhydrate	57,92 „	45,14 „	44,36 „	46,23 „
Rohfaser	22,97 „	33,19 „	39,16 „	32,10 „
Kali	1,60 „	0,31 „	0,33 „	0,06 „
Phosphorsäure	0,32 „	0,22 „	0,10 „	0,12 „

kultur nicht ins Gewicht, weil wir durchschnittlich immer den Erdgehalt eines Topfes erneuern, bevor die Wurzel das gebotene Nährstoffquantum verbraucht hat und weil wir ferner durch Dunggüsse das Nährstoffkapital im Laufe der Vegetationsperiode ersetzen und oft sogar über das ursprüngliche Quantum erhöhen.

Bei der Topfkultur beruht die Auswahl der verschiedenen Bodenarten auf deren physikalischer Beschaffenheit, auf deren Vermögen, Wasser zurückzuhalten, Nährstoffe zu absorbieren und dabei dem Durchlüftungsbedürfnis der Wurzel Rechnung zu tragen.

Betreffs des letzteren verhalten sich unsere Kulturgewächse ungemein verschieden. Insoweit die Entwicklung der Gewächse vom Boden abhängt, können wir sagen: *Nicht der Gesamtnährstoffgehalt der Erden bestimmt den Grad des Gedeihens der Topfgewächse, sondern der Konzentrationsgrad der im Boden befindlichen Nährlösung und die Intensität der Durchlüftung.*

Diese Erfahrung läßt uns absehen von dem namentlich bei Anfängern üblichen Suchen nach kräftigen Erden. Die „Kraft" d. h. das Nährstoffquantum können wir mit Leichtigkeit in jeden Blumentopf hineintragen, nicht aber die für die Wurzeln notwendige physikalische Beschaffenheit, welche die passende Durchlüftung vermittelt, also die nötige Sauerstoffzufuhr liefert.

Nun haben wir aber leider noch keine wissenschaftlichen Arbeiten über die präzisen Ansprüche der verschiedenen Kulturpflanzen an die Bodendurchlüftung und wir sind vorläufig gezwungen, auf die praktische Erfahrung zurückzugreifen. Dieselbe lehrt uns, daß eine *Pflanzenwurzel kaum jemals zu viel Luftzufuhr erhalten kann, wohl aber oftmals zu wenig.* Abgesehen von den Pflanzen mit Luftwurzeln, dürfen wir nur die bloßgelegten Baumwurzeln an Felswänden, Gemäuer und Straßen in Betracht ziehen und in den Warmhäusern die Gewohnheit vieler Gewächse beobachten, mit den feinen Wurzelästen der Schwerkraft entgegen aus der Erde in die Luft zum Topfrande herauszuwachsen. Alle Pflanzen wachsen in Moos oder Sand, wenn wir die Nachteile dieser Medien durch reichliches Gießen mit nährstoffhaltigem Wasser ausgleichen. Sobald wir im stande sind, das Bedürfnis der Wurzel an Wasser und Nährstoffen ge-

---

Bei der Annahme eines gleichen mittleren Wassergehaltes berechnet der Verf. den Dungwert von 1 Ctr.

auf 0,79 0,47 0,45 0,37 Mark,

nügend zu befriedigen, können wir Glasperlen oder Quarzstücke an Stelle des Bodens wählen. Wenn wir durch rechtzeitiges Wechseln der Nährlösung für erneute Sauerstoffzufuhr sorgen, können wir selbst die Pflanzen jahraus, jahrein in Wasser kultivieren.

Diese durch zahlreiche Versuche festgestellte Thatsache zeigt uns, wie wenig wir bei der Topfkultur an spezifische Erdarten gebunden sind, wenn wir nur für die nötige Durchlüftung sorgen. Es empfiehlt sich, falls wir nicht bereits aus Erfahrung wissen, daß eine Pflanzenspezies einen schweren Boden verträgt, stets leichte Bodenarten zu wählen. Zu diesen gehört in erster Linie die Haide-Erde; dann folgen die humusreicheren Lauberden, Mistbeeterde, schließlich Lehm und Thon.

Abgesehen von der Kostspieligkeit des Verfahrens, die Haide-Erde überall anzuwenden, hat dieselbe auch anderweitig ihre Nachteile durch das geringe Absorptionsvermögen für Nährstoffe und ihre Neigung, schnell auszutrocknen. Bei Massenkulturen ersetzt man daher die Haideerde durch Lauberde, die obige Nachteile in geringerem Grade besitzt, aber im reinen Zustande der Gefahr des starken Austrocknens auch noch sehr ausgesetzt ist. Daher verwendet man diese durch Verwesung von Laub und dürren Zweigen entstandene Erde nicht im reinen Zustande, sondern mischt, je nach Bedürfnis Mistbeeterde (also verwesten tierischen Dünger) und Lehm bei. In welcher Weise und in welchem Grade dadurch die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens geändert werden, zeigt ein Blick in die vorigen Kapitel des Buches.

In dem Augenblicke, wo wir eine starke und für die Dauer erhaltbare Durchlüftbarkeit des Bodens als eines der hauptsächlichsten Erfordernisse bei der Topfkultur anerkannt haben, ist auch die noch vielfach ventilierte Streitfrage entschieden, ob gesiebte oder ungesiebte Erden zu verwenden sind. Durch das Sieben bringen wir nur feine Bodenpartikelchen zur Verwendung; damit verringern wir die Größe der Bodenzwischenräume, erhöhen die wasserhaltende Kraft, begünstigen das Verschlemmen und Abschließen der Wurzeln vom atmosphärischen Sauerstoff. Diesen Gefahren steht gar kein Vorteil gegenüber; denn der Einwand, daß in einer dicht liegenden, feinen Erde mehr Nährstoffkapital den Wurzeln geboten wird, als da, wo zwischen größeren Stücken sich sehr große Lücken befinden, ist schon darum hinfällig, weil wir durch einen einzigen Dungguß viel mehr lösliche Nahrungsstoffe den Wurzeln zuführen, als in der etwa wirklich fehlenden Erdmenge geliefert werden könnte. Man verwende daher bei allen Kulturen ungesiebte Erden:

Wir haben aber oben gesagt, daß noch ein zweiter Punkt, gegen den gerade jetzt sehr viel gesündigt wird, bei der Topfkultur die höchste Beachtung verdient und dies ist die richtige Beurteilung der Konzentration der Nährstofflösung, welche einer Pflanzenwurzel im Boden geboten wird. Das Wasser, das sich in den Bodenräumen aufhält, ist beladen mit mehr oder weniger Nährstoffen, die es auf seinem Wege zur Pflanzenwurzel aufgelöst hat; es ist also eine Nährlösung. Je nach dem Vorrat, der sich im Boden vorfindet, wird die Lösung mit dem einen Nährstoff stark beladen sein, mit einem andern wenig d. h. sie wird eine verschiedene Konzentration haben. Jede Pflanzenwurzel beansprucht aber für die günstigste Entwicklung ihrer oberirdischen Teile eine ganz bestimmte Sättigung der Bodenlösung; sie geht nicht zu Grunde, wenn sie diese günstigste Konzentration im Boden nicht vorfindet, aber sie wächst nicht so gut, wie sie unter sonst gleichen Umständen bei entsprechender Nährlösung wachsen könnte.

Wenn der Fehler in der Bodenlösung darin besteht, daß sie zu verdünnt ist, so weiß sich die Pflanze zu helfen: die Wurzel nimmt sehr große Quantitäten auf und giebt das überschüssige Wasser durch verstärkte Verdunstung wieder von sich, die gelösten Nährstoffe aber zurückbehaltend. Der Habitus solcher Pflanzen verrät einigermaßen die Art der Ernährung, indem sich ein etwas helles, großes, flach ausgebreitetes, dünnes Laub ausbildet; aber irgend eine Erkrankung wird nicht bemerkbar. Bedenklicher wird aber der Sachverhalt, wenn der Pflanzenwurzel durch rasche Wiederholung der Dunggüsse eine zu hoch konzentrierte Bodenlösung im Topfe geboten wird. Das Wachstum der oberirdischen Teile bleibt dann merklich zurück; die Stengelglieder werden kürzer, die Blätter bisweilen durch Verkürzung der Rippen unregelmäßig kraus, mannigfach verbogen, stellenweis braunfleckig und vorzeitig abfallend. Die Wurzeln selbst werden kurz, dick und verbogen; ihre neu entstehenden Wurzelhaare werden knorrig verkürzt, schnell sich bräunend und faulend. Wie ich durch Einsendung kranker Pflanzen aus eigener Anschauung am besten weiß, werden in der Regel diese Erscheinungen auf andere Ursachen zurückgeführt, weil die Züchter nicht glauben wollen, daß man Pflanzen auch leicht überfüttern kann. Diese Überfütterungserscheinungen durch zu reichliche Düngung nehmen in der Jetztzeit zu und wir werden vielen Verlusten entgehen, wenn wir mäßiger im Düngen der Topfgewächse sind.

Wir dürfen nicht vergessen, daß eine Bodenart und Düngung, welche für eine Spezies unserer Kulturpflanzen genügend und optimal ist, für eine andere viel zu stark ist und Erkrankung hervorruft. Verhältnismäßig

ſchwache Konzentrationen beanſpruchen z. B. die Ericaceen, viele Leguminoſen und Myrtaceen; hochkonzentrierte Nahrung dagegen vertragen und lohnen die Cruciferen (namentlich unſere Kulturgemüſe) Reſedaceen, Cucurbitaceen, Chenopodiaceen u. a.

Wenn wir einen Anhalt betreffs der Anſprüche an die Konzentration der Bodenlöſung im Habitus der Pflanze ſuchen, ſo können wir als Richtſchnur annehmen, daß Pflanzen mit lederartigem Laube, mit derben, ſchmalen Blättern und hartem Holze ſchwächere Konzentration beanſpruchen, als ſolche mit krautartigen, große Ausdehnung beſitzenden Blattflächen. Auch kommt es darauf an, in welcher Phaſe der Entwicklung eine Pflanze gedüngt wird; in der Periode der Laubentwicklung vertragen alle Pflanzen die relativ höchſten Nährſtoffgaben.

Wenn Topfgewächſe durch Überdüngung gelitten haben, ſo iſt vor allen Dingen der Wurzelballen zu unterſuchen, ob die Wurzeln bereits gefault ſind. Iſt dies nicht der Fall, dann lockere man einfach die Topfoberfläche, waſche die Töpfe, um ſie möglichſt porös zu erhalten und laſſe mit dem Gießen nach, damit die Luft möglichſt reichlich und oft in den Wurzelballen einzudringen vermag. Wenn die Pflanzen Waſſer erhalten müſſen, gieße man ſo ſtark, daß das Waſſer aus dem Abzugsloche des Topfes herausläuft. Zur Anwendung gelange nur reines Waſſer; die Töpfe bleiben auf ihrem bisherigen Standort. Erweiſt ſich dagegen der Wurzelkörper bereits von der Fäulnis ſtark ergriffen, ſo muß man zum Verpflanzen ſchreiten. Nach Entfernung der fauligen Teile gebe man lockere Erde, kleine Töpfe, mäßige Bodenwärme, geſchloſſene Luft, vermehrte Beſchattung, verringerte Bewäſſerung. Hat man Bodenwärme nicht zur Verfügung, ſo bringe man die Pflanzen an einen vor jeder Mittagsſonne vollkommen geſchützten Ort, beſpritze in der heißen Zeit den oberirdiſchen Teil mehrfach, aber beſchränke das Begießen der Wurzeln auf das allernotwendigſte Maß. Die Pflanze muß möglichſt Ruhe haben, bis man an der Entwicklung neuer Blätter die wiedererwachende Thätigkeit merkt. Alsdann iſt es Zeit, den Patienten an einen helleren Standort zu bringen und die Waſſergaben für die Wurzeln allmählich zu ſteigern. Die Wirkſamkeit dieſer Behandlung habe ich vielfach erprobt.

§ 12. — Wie geſtaltet ſich die Ernährung der Luftwurzler?

Bei der jetzt allgemeiner werdenden Liebhaberei für Orchideen und Aroideen erlangt die obige Frage ihre große praktiſche Bedeutung. Wir

müſſen Klarheit darüber erlangen, ob die Luftwurzeln auch Organe ſind, die dem Gärtner einen Angriffspunkt für ſeine Verſuche behufs Steigerung der Produktionsfähigkeit gewähren. Die Frage iſt mit „ja“ zu beantworten; denn die Luftwurzeln beſitzen auch ein Abſorptionsſyſtem und ſind ſomit einer geſteigerten Nahrungszufuhr, alſo einer Düngung zugänglich. Das Abſorptionsſyſtem erſcheint hier in Geſtalt eines feinen aber zähen ſilberglänzenden Häutchens, der Wurzelhülle (velamen radicum), die den Orchideenzüchtern gewiß von den kräftigen Luftwurzeln der Vanda- und Aëridesarten her in Erinnerung ſein wird. Noch leichter zugänglich zur Unterſuchung dürften die Arten der Gattung Stanhopea ſein.

Macht man durch eine Luftwurzel von Stanhopea einen Querſchnitt, ſo ſieht man den centralen Gefäßkörper, wie bei einer gewöhnlichen Erdwurzel eingeſchloſſen von einer derbwandigen Zellſchicht der bereits früher erwähnten Endodermis; auf dieſe Schicht folgt das fleiſchige Rindengewebe und dieſes wird wiederum begrenzt durch eine derbwandige Zelllage, welche der eigentlichen Wurzeloberhaut oder Epidermis bei den Erdwurzeln entſprechen würde und bei dieſen zur Abſorptionsfläche durch Ausſtülpung von Haaren ſich ausgebildet hätte. Hier iſt dies nicht der Fall; denn dieſe Zellſchicht liegt nicht frei nach außen, ſondern iſt noch von einer (bei Stanhopea mächtigen, bei andern Orchideen bisweilen ſehr dünnen) Zellenlage bedeckt, ſtellt daher alſo noch eine zweite, äußere Endodermis dar. Das eigentliche, fleiſchige Rindenparenchym iſt bei den Luftwurzeln alſo eingeſchloſſen von zwei derbwandigen Endodermisſchichten; auf der äußeren lagert die Wurzelhülle.

Die Zellen dieſer Hülle hängen untereinander lückenlos zuſammen und bilden ein radial oder longitudinal geſtrecktes, meiſt durch Spiralfaſern geſteiftes Parenchym. Als beſonders bemerkenswerten Umſtand müſſen wir hier hervorheben, daß dieſe Zellen an denjenigen Stellen, wo nicht das Verdickungsband liegt, oft durchlöchert ſind. Dieſe Durchlöcherung zeigen nicht blos die Wandungen der im Innern neben einander liegenden Zellen, ſondern auch die Wände der äußerſten Zellſchicht. In wirklich durchlöcherten Zellen kann ſich aber natürlich nichts von dem urſprünglichen flüſſigen Zellinhalt halten, ſondern kann nur Luft vorhanden ſein. Auf dieſem Luftgehalt beruht das ſilberweiße Ausſehen, das die Luftwurzeln meiſt zeigen.

Infolge dieſer Durchlöcherung der Zellen der Wurzelhülle, (die wohl zu unterſcheiden iſt von der Wurzelhaube, obwohl ſie auch wie dieſe, aus dem Protoderm hervorgeht,) funktioniert die Hülle wie ein Schwamm: ſie

saugt sich im Augenblick voll Wasser und wird Wasserdampf und verschiedene, in der Atmosphäre vorhandene Gase, nach Art anderer porösen Körper kondensieren. Diese Verdichtungsfähigkeit für Dünste und Gase bildet den Hauptthätigkeitsakt der Luftwurzel in gewöhnlichen Verhältnissen; sie wird diese Thätigkeit zur Ernährung des Wurzelkörpers und der ganzen Pflanze anwenden, falls sie die Fähigkeit besitzt, die Kondensationsprodukte durch die derbe Zellschicht, (die äußere Endodermis) hindurchzubringen, die zwischen Wurzelhülle und eigentlicher Wurzelrinde eingeschoben ist. Wie groß die Kondensationsfähigkeit einer Luftwurzel für Wasserdampf ist, geht aus einem Versuche mit einer mehr als 30 cm langen Luftwurzel von einem Epidendrum hervor. Dieselbe hatte in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre binnen 24 Stunden mehr als $^1/_9$ ihres Gesamtgewichts an Wasser aufgenommen.

Diese Möglichkeit des Übertritts von Wasser und Nährstoffen aus der Wurzelhülle in die fleischige Rinde ist durch die eigentümliche Bauart der erwähnten Endodermis gegeben. Der Hauptsache nach ist diese Lage als eine Schutzschicht aus längeren, derbwandigen, porenlosen Zellen aufgebaut; durch diese dicken Wandungen kann kaum etwas durchdringen. Bei genauerer Durchsicht aber bemerkt man zwischen den langen dickwandigen Elementen viele kleine, oft in Reihen stehende, rundliche, mit Protoplasma angefüllte Zellen mit zarten Wandungen. Diese werden die in der Wurzelhülle sich ansammelnden Flüssigkeiten anziehen und mit Leichtigkeit in das Rindengewebe hinübertreten lassen. Wir haben also in der äußeren Schutzscheide (Endodermis) der Luftwurzeln, wie wir dies früher bei der Endodermis der Erdwurzeln gesehen, wiederum die beiden nützlichen Bauprinzipien vereinigt. Im wesentlichen wirkt diese zwischen Wurzelhülle und Wurzelrinde eingeschobene Zelllage als Schutzschicht, welche in Perioden großer, andauernder Trockenheit die Luftwurzeln vor dem Vertrocknen bewahrt; dabei aber ist Vorsorge getroffen, daß zu Zeiten günstiger Lebensbedingungen die aufgesogene Nahrung in das Innere der Wurzel geleitet werden kann, um von da durch die Gefäßröhren nach den Blättern transportiert zu werden.

Bei manchen Pflanzen sieht man, daß die Luftwurzeln im Alter ihre Hülle abwerfen. Denselben Vorgang bemerkt man, wenn die Wurzel in die Erde eindringt, welcher Umstand auch dafür spricht, in der Wurzelhülle den für die speziellen Bedürfnisse der Ernährung aus dem Luftmeer hergerichteten Apparat anzuerkennen.

Unter diesem Gesichtspunkt ergiebt sich die gärtnerische Behandlung

der Luftwurzler von selbst. Sowohl dort, wo die Luftwurzeln zur Unterstützung von Erdwurzeln auftreten, als auch namentlich da, wo sie allein einer Pflanze zu Gebote stehen, werden sie als Nahrungssammler zu schonen und zu vermehren sein. Gleichzeitig empfiehlt sich hier ein zeitweiliges Spritzen mit verdünnten Nährstofflösungen als die passendste Form der Düngung.

§ 13. — Wie sorgen die Erdwurzeln für ihr Luftbedürfnis?

Wir haben bereits mehrfach betont, daß wir bei allen gärtnerischen Kultureinrichtungen die Befriedigung des großen Atmungsbedürfnisses des Pflanzenleibes berücksichtigen müssen. Der Pflanzenkörper muß nicht nur an seiner Oberfläche stets mit dem wesentlichsten Bestandteil der atmosphärischen Luft, mit dem Sauerstoff nämlich, in Berührung bleiben, sondern auch das Innere des gesamten Leibes muß dauernder Durchlüftung zugänglich sein, um stets Sauerstoff für die in Oxydationsvorgängen bestehende Atmung zu haben.

Zwar produziert die grüne Pflanzenzelle unter dem Einflusse des Lichtes bei der Herstellung neuer organischer Substanz aus den Bodensalzen und der Kohlensäure der Luft (Assimilation) direkt oder indirekt auch Sauerstoff; aber diese Sauerstoffmenge ist keineswegs ausreichend für das Atmungsbedürfnis. Man ersieht dies daraus, daß lebende grüne Zellen (z. B. von Algen) unter sonst günstigen Beleuchtungs- und Ernährungsbedingungen in ihren Funktionen nachlassen, die Bewegung ihres Protoplasmaleibes einstellen, wenn ihnen nicht neuer Sauerstoff von außen zugeführt wird. Die lebendige Zelle tritt aus dieser „Sauerstoffstarre" wieder heraus, wenn sie kurze Zeit nach Eintritt derselben einen Zufluß von atmosphärischer Luft erhält; sie stirbt dagegen an Asphyxie (Erstickungstod) wenn der Sauerstoffmangel zu lange anhält. In der Zeit ihrer Sauerstoffnot kann die lebendige Zelle anderen organischen und unorganischen Substanzen der nächsten Umgebung Sauerstoff entziehen und Reduktionserscheinungen einleiten, die ihr später selbst zum Verderben gereichen, wie wir in dem Abschnitt über das „Vergießen" der Blumentöpfe noch eingehender besprechen werden.

Wenn wir auf die Begünstigung des Durchlüftungsprozesses bei den Pflanzenkulturen Rücksicht nehmen sollen, müssen wir die Einrichtungen kennen lernen, die am Pflanzenleibe für den Luftwechsel vorhanden sind.

In erster Linie sind die an allen grünen, dickeren Gewebemassen auf-

tretenden „Spaltöffnungen“ (stomata) zu nennen. Diese namentlich an den Blättern auf der unteren oder auf beiden Seiten auftretenden Organe gehören der Oberhaut (Epidermis) der Pflanzenteile an und bestehen aus zwei sichelartig gekrümmten, mit ihren konkaven Seiten gegeneinander geneigten und an ihren Spitzen fest miteinander verbundenen Zellen, welche Chlorophyllkörner führen, während meist die übrigen Zellen der Oberhaut diesen grünen Farbstoff nicht besitzen.

Durch die Berührung zweier sichelförmiger Zellen mit ihren Spitzen bleibt natürlich ein ellipsoidischer Hohlraum zwischen beiden und dieser stellt den Schornstein dar, durch welchen die Außenluft in das Pflanzeninnere gelangen kann. Jeder Schornstein mündet in einen größeren Hohlraum des Blattgewebes, eine weite Lücke, die unmittelbar unter der Oberhaut liegt und Atemhöhle heißt; von einer solchen großen Gewebelücke aus gehen viele kleine, winkelige Gänge, die durch die kleinen Lücken (Intercellularräume) zusammengesetzt werden, welche zwischen den einzelnen grünen Zellen des Blattfleisches sich vorfinden. Es kann somit die äußere Luft durch den Spaltöffnungskanal in die Atemhöhle und von da durch die Intercellulargänge mit jeder einzelnen Zelle im Innern des Blattfleisches in Berührung kommen; sie kann an jede Zelle direkt Gase abgeben und von jeder Zelle auch solche aufnehmen. Bei untergetauchten Teilen von Wasserpflanzen befriedigen die Zellen ihren Sauerstoffbedarf aus dem Gasgehalte des Wassers.

Bei sehr dünnen grünen Organen und chlorophyllosen Pflanzenteilen fehlen oft die Spaltöffnungen, deren Zahl auf manchen Blättern 300 per □=mm betragen kann. Bei solchen spaltöffnungslosen Geweben erfolgt der Gasaustausch entweder durch die ganze Zellenoberfläche oder durch andre Hilfsvorrichtungen.

Derartige Hilfsapparate sind namentlich bei älteren Stamm- und Wurzelteilen die sogenannten Lentieellen.

Man versteht darunter kleine, mehr oder weniger tief in die Rinde hineingreifende, aus reihenweis gestellten Korkzellen bestehende Gewebegruppen, die zwischen ihren Zellreihen die Luft in das Innere des Rindenkörpers dringen lassen und deshalb auch Rindenporen genannt werden. Dem bloßen Auge erscheinen sie als kleine Wärzchen auf der Rinde, die namentlich bei anhaltend feuchter Witterung eine weiße, mehlige Beschaffenheit annehmen (z. B. bei Erlen im Herbst, bei Kartoffeln im nassen Sommer ꝛc.). Das mehlige Aussehen kommt daher, daß bei feuchter Witterung eine reichliche Vermehrung und Blähung einzelner Partien des Korkgewebes eintritt,

und daß die obersten Zellen auseinanderweichen und als lockeres Pulver aus der Rinde herausgestoßen werden.

Für eine schnelle Luftbewegung im Innern von Stämmen ist dadurch gesorgt, daß entweder weite, zusammenhängende, unregelmäßige Lufträume sich im Gewebe vorfinden (bei untergetauchten Wasserpflanzen und Sumpfgewächsen) oder daß die älteren Gefäßröhren, welche den Holzkörper der Achse bilden, mit Luft erfüllt sind.

Wie sehr eine jede Pflanze lufthungerig ist, sehen wir recht deutlich bei manchen Gattungen dadurch angezeigt, daß sie ihre feineren Wurzeläste aus dem Blumentopf heraus in die feuchte Luft des Glashauses oder Mistbeetkastens treiben. Auch in der Natur finden wir solche Fälle bei Sumpfgewächsen. Avicennia z. B. treibt an ihrem natürlichen Standort im ganzen Umfange Seitenwurzeln, welche mit ihren Spitzen aus dem Wasser emporragen und mit Lenticellen zum Zweck reichlicher Durchlüftung versehen sind.

Ganz bekannt dem Gärtner ist die Erscheinung *aufwärts wachsender Wurzeln* bei Palmen und Pandanusarten. Die Spitzen derartig aus der Bodenoberfläche hervortretender, fast immer kurz bleibender Wurzeln haben ein mehliges Ansehen; manchmal ist die Wurzel auf mehrere Centimeter abwärts gleichmäßig mehlig; in andern Fällen ist der mehlige Überzug durch einzelne Ringe der ehemaligen Epidermis unterbrochen. Die eigentliche Wurzelhaube ist meist zu einem braunen Käppchen zusammengeschrumpft.

Dort, wo die Wurzelspitze mehlig ist, sehen wir an Stelle der Epidermis nur locker aneinandergefügte Gewebezellen, deren Zwischenräume mit den Zwischenzellräumen der Wurzelrinde direkt in Verbindung stehen. Diese Schicht von „*Schwammgewebe*“ bildet sich schon an der jüngsten Wurzelspitze durch Vermehrung und Blähung der äußeren Rindenzellen, welche die Wurzelspitze kolbig dick machen. Unter dem Schwammgewebe fehlt die dickzellige Schutzscheide, der Sclerenchymring, welcher sonst dem Wurzelkörper eigentümlich ist. Wenn man eine aufrecht herausgewachsene Wurzel abschneidet und luftdicht in den kürzeren Schenkel eines gebogenen Glasrohres einkittet und nun in den längeren Schenkel Quecksilber gießt, oder mit dem Munde Luft hineinbläst, so sieht man die Luft durch die Wurzelspitze an der andern Seite entweichen: ein Beweis, wie das Durchlüftungssystem des ganzen Wurzelkörpers direkt durch die mehlige Spitze ausmündet. Man hat diese Atmungsvorrichtung an den Spitzen derartiger Luftwurzeln „*Pneumathoden*“ genannt und bei zahlreichen Arten der

Gattungen Phoenix, Liviſtona, Cocos, Chamaedorea, Pandanus u. a. gefunden. Bei den letztgenannten Palmen ſind die Atmungsorgane an dicken, wagrecht verlaufenden Wurzeln in Form abſtehender, kaum $^1/_2$ cm langer, warzenförmiger Seitenwürzelchen zu finden; bei Pandanus ſind es ganz kleine Wärzchen an den ſtarken Stützwurzeln.

Die Erklärung der bisher ſo wenig beachteten Erſcheinung des Herauswachſens von Wurzeln aus den Kübeln und Töpfen liegt in der nachgewieſenen Reizbarkeit der Organe gegen Gaſe[1]). Das im vorliegenden Falle das Wurzelwachstum richtende Gas iſt der Sauerſtoff der Luft, die bei dem Begießen der Töpfe aus den Erdräumen verdrängt wird. Je ſtärker gegoſſen, je bindiger der Boden und je öfter immer wieder der Topf befeuchtet wird, deſto länger bleiben die Bodencapillaren durch Waſſer geſchloſſen und deſto mehr ſtreben nun die Wurzeln nach den ſauerſtoffreicheren, oberen Bodenſchichten oder gar über dieſelben hinaus. Iſt ein Boden dauernd nur ſehr mäßig befeuchtet, ſo daß alſo die Wurzeln innerhalb der Erde ihr Sauerſtoffbedürfnis befriedigen können, ſo bilden dieſelben Pflanzen, die ſonſt ihre Wurzelſpitzen nach außen richten, ihre Pneumathoden in der Erde. Aus dem Sauerſtoffhunger der Wurzeln erklärt ſich auch ihr Beſtreben, an der Innenwand der Töpfe ſich anzuſammeln und ergiebt ſich die Notwendigkeit, die Töpfe zeitweiſe zu waſchen.

[1]) Aërotropismus.

Viertes Kapitel.

Die Wurzelbehandlung.

§ 14. — Wie ist der Wurzelkörper bei dem Verpflanzen zu behandeln?

Bei der Behandlung der Wurzel unserer Kulturgewächse ist in erster Linie entscheidend, welchen Zwecken sie im pflanzlichen Organismus und zweitens im menschlichen Haushalt dient. Bei Annuellen ist sie ein schnelllebiges Aufnahme- und Befestigungsorgan, bei perennierenden Pflanzen ist sie neben Aufnahmeapparat für die Bodenlösung auch zeitweis und teilweis Speicherkammer für Reservestoffe, welche das Individuum sich für die nächste Vegetationsperiode aufhebt; in fleischigen, rübenartigen oder knolligen Wurzeln herrscht die Speicherfunktion während des größten Teiles ihres Lebens vor.

Ihre wichtigste Leistung ist die als Aufnahmeorgan für die Bodenlösung. Es ist selbstverständlich, daß unter sonst gleichbleibenden, günstigen Verhältnissen von der Menge der aufgenommenen Bodennahrung die Menge der oberirdischen Organe, namentlich des assimilierenden Laubkörpers abhängt und daß, umgekehrt, die reichere Entfaltung des letzteren eine reichere Produktion an organisierter Bausubstanz (Assimilate) zur Folge hat. Es kann somit mehr neue Bausubstanz nach dem Wurzelkörper herabsinken und diesem das Material zu neuen Verzweigungen bieten.

a. Der stark ins alte Holz zurückgeschnittene Wurzelkörper.

Dieses Gegenseitigkeitsverhältnis ist stets zu berücksichtigen. Wenn kränkelnde, laubarme oder laublose Pflanzen neue Wurzeln und, umgekehrt, wurzelkranke Exemplare neue Blätter treiben können, so geschieht dies auf Kosten der in der Achse noch vorhandenen Reservestoffe, wenn eine Steigerung der Wärme das Individuum zu erhöhter Lebensthätigkeit reizt. Dieser bei der Topfkultur so häufig zur Anwendung gelangende Reiz wird nur dann schädlich, wenn die neuentstandenen Organe,

die anfangs immer schwächlich sind, nicht genügend berücksichtigt werden. Namentlich ist dies der Fall mit den neu hervorbrechenden Wurzeln an kranken Exemplaren. Durchschnittlich wird im Verhältnis zu dem spärlich sich entwickelnden, neuen Wurzelapparat der Topf zu naß gehalten und bei der Menge organischer, sich zersetzender Substanz in der Erde des Topfes tritt in dem wassergesättigten Boden Sauerstoffmangel ein und die jungen Wurzelspitzen verfaulen. Bei neu aus Reservestoffen produzierten Laubblättern begegnet man nicht selten dem Fehler, daß die sich erholenden Pflanzen mit den gesunden zusammen in Verhältnisse gebracht werden, welche eine sehr starke Verdunstung bedingen. Einer solchen hochgradigen Thätigkeit ist der junge Laubausbruch nur dann gewachsen, wenn er durch eine energische Wurzelthätigkeit unterstützt wird, wie dies im Frühjahr bei dem natürlichen Laubausbruch der Fall ist. Das ist aber in der Regel bei den zu heilenden Topfpflanzen nicht der Fall; infolgedessen schrumpfen die jungen Blattorgane und die Pflanze geht schließlich gänzlich zu Grunde.

Bei der Behandlung von Pflanzen, die zur Regeneration ihres Wurzelapparates durch Neubildung von Ersatzwurzeln gezwungen sind, beobachte man als erste Regel, die Arbeit des Laubapparates derartig herabzustimmen, daß er mit der geschwächten Wurzelthätigkeit zunächst in Einklang steht.

Diese Regel bezieht sich nicht nur auf kranke Topfgewächse, deren Laubthätigkeit während der Periode der Neubewurzelung man dadurch beschränkt, daß man die Pflanzen in feuchten, geschlossenen Häusern oder Kästen behufs Herabdrückung ihrer Verdunstungsthätigkeit hält, sondern auch auf Freilandpflanzen.

Bei Bäumen und Sträuchern, die von andern Orten herkommen, ist der Wurzelkörper stets verletzt; namentlich fehlen die an den Enden der Wurzeläste sitzenden Absorptionszonen. Bei diesem Mangel an aufsaugungsfähigen Wurzelspitzen wird die Pflanze zuviel oberirdische Organe haben; wenn ihr alle bisher gebildeten Äste belassen werden. Wie soll denn der durch das Herausheben aus dem Boden und Beschneiden stark reduzierte Wurzelapparat die Mengen Wasser aufsaugen, die zur vollen Entfaltung der gesamten Krone nötig sind? Wenn wir die Wurzel auch noch so stark begießen, hilft dies nur wenig, ja kann unter Umständen sogar schädlich wirken, indem die dauernde Wasserüberfüllung des Bodens Fäulniserscheinungen an den Schnittflächen einleiten kann.

Bei Berücksichtigung dessen, was wir in den vorigen Kapiteln über die Thätigkeit der feinen Wurzelendigungen gesagt, müssen wir die in Wissen-

schaft und Praxis mehrfach noch vertretene Ansicht, die Krone bei dem Verpflanzen der Bäume und Sträucher unbeschnitten zu lassen, unbedingt verwerfen.

Der Umstand, den die Vertreter der Ansicht anführen, daß bei Topfgewächsen der Wurzelballen durch das Verpflanzen sehr stark verletzt und die Krone trotzdem oftmals nicht zurückgeschnitten wird, ist eben deswegen nicht stichhaltig, weil die umgepflanzten Topfgewächse nach der Manipulation entweder im Schatten im freien Lande oder in Kästen gehalten werden, wodurch die Verdunstungsthätigkeit des Laubes künstlich zurückgedrückt und der beschränkten Wasserzufuhr angepaßt wird.

Verpflanzte Gehölze müssen also auch in der Krone zurückgeschnitten werden. Es frägt sich nur, wie der Rückschnitt in Rücksicht auf die möglichst baldige Neubewurzelung zu erfolgen hat? Die Neubildung von Adventivwurzeln hängt, den richtigen Schnitt der Wurzeläste selbst vorausgesetzt, von der Menge der oberirdisch erzeugten, über die augenblickliche Verwendung hinausgehenden Assimilate ab, die allmählich stammabwärts bis in die Wurzeläste sinken. Unter sonst gleichen Verhältnissen hängt wiederum die Menge der als schließliches Baumaterial für den Wurzelkörper verwendbaren Assimilate von der Schnelligkeit der Entwicklung und der Kräftigkeit des Laubkörpers ab. Also je schneller wir viel kräftig arbeitende Blätter erzielen, desto schneller kommt der Stamm in die Lage, Baustoffe überschüssig für neue Wurzelbildung zu haben.

Dem Zwecke schneller, kräftiger Lauberzeugung entsprechen aber die einzelnen Augen eines jeden Zweiges der Baumkrone in ganz verschiedenem Maße und man kann im allgemeinen als Regel annehmen, daß die höchsten Augen eines jeden Triebes sich am frühesten entwickeln und am kräftigsten treiben. Da nun für den vorstehenden Zweck möglichst frühzeitig im Jahre kräftiges Laub verlangt wird, so ist damit gesagt, daß man eigentlich die Spitzen der Zweige stehen lassen müßte, mithin die Krone gar nicht geschnitten werden dürfte. Diesem Erfordernis steht aber andererseits die Notwendigkeit gegenüber, das Zweigmaterial zu verringern, weil sonst im Laufe des Sommers einzelne Partieen zurücktrocknen, da der Baum mit seinem verletzten Wurzelkörper nicht den Wasserbedarf der ganzen Krone decken kann. Solche von selbst zurücktrocknende Zweigpartieen sind aber oftmals gerade die für den Baum am schwersten ernährbare, aber für den Aufbau einer regelmäßigen Krone wesentlichste Region, deren Verlust schwer ersetzbar ist.

Es muß somit beiden Anforderungen Rechnung getragen werden und

dies geschieht dadurch, daß man einzelne, für das Hauptgerüst der Krone wesentliche Zweige gänzlich unbeschnitten läßt, dagegen die zwischen jenen gelegenen Zweigpartieen auf die Hälfte oder ein Drittel — je nach der stärkeren oder schwächeren Verletzung des Wurzelkörpers — zurückschneidet. Dadurch erreicht man, daß zur Zeit der Entfaltung der unverpflanzten Gehölze auch eine Anzahl Augen an den verpflanzten Exemplaren sich entwickeln und assimilierende Blätter bilden kann. Für diese wenigen Zweige reicht die Wasserzufuhr aus und der Baum beginnt an den Schnittflächen der feinen Wurzeläste bereits Adventivwurzeln zu treiben, ehe noch die spät erwachenden, nur mäßig Blätter produzierenden Augen der zurückgeschnittenen Zweige zur Entwicklung gelangen. Also der Aufnahmeapparat wird entsprechend dem Blätterzuwachs bereits vermehrt.

Die jetzt herrschende Methode schneidet alle kräftigen Zweige zurück und beschränkt die Bildung der Laubkrone auf die tiefer am Zweige stehenden, weniger kräftig angelegten und später austreibenden Knospen. Der Laubausbruch an den verpflanzten Exemplaren rückt somit tiefer in die heiße Jahreszeit hinein, wo die Blätter kleiner werden und trotzdem für ihre Verdunstung mehr Wasser beanspruchen.

Die erstere Methode des teilweisen Kronenschnittes für verpflanzte Gehölze verdient also den Vorzug.

Daß man die Schnittflächen der stärkeren Kronenäste durch Theer oder Baumwachs abschließt und die Stämme selbst durch Umwickeln mit Moos oder Stroh vor stärkerer Verdunstung schützt, darf als selbstverständlich gelten.

b) Der nur an schwachen Aesten zurückgeschnittene Wurzelkörper.

Wir haben bei der Besprechung der Wurzelbehandlung zwecks des Verpflanzens absichtlich das Zurückschneiden ins ältere Wurzelholz von der Verletzung ausschließlich jüngerer, dünnerer Äste unterschieden, weil der Reproduktionsprozeß ungleich sich gestaltet. Je jünger nämlich ein Wurzelteil an der Verletzungsstelle ist, desto leichter vernarbt er nicht nur, sondern produziert auch reichlicher und schneller neue, Ersatz liefernde Wurzelverästelungen. Man kann sich sehr leicht bei Bäumen, die einige Jahre nach dem Verpflanzen wiederum herausgehoben werden müssen, überzeugen, daß in der Nähe einer großen Wundfläche eines stärkeren Astes im besten Falle ein Kranz schwächerer Adventivwurzeln sich gebildet hat, von denen einzelne endlich zu kräftigeren Ästen erstarkt sind; die aus jüngeren Teilen hervorgebrochenen Ersatzwurzeln sind zwar weniger zahlreich, aber in ihren Dimen-

sionen so vollkommen, daß man sie manchmal schwer von den gleichalterigen, unverletzt gebliebenen Wurzeln unterscheiden kann.

Die ins alte Holz zurückgeschnittene Wurzelkrone wird daher viel länger Zeit zur Produktion eines genügend großen Aufnahmeapparates brauchen, der dazu gehörige Stamm also viel länger in den Verhältnissen der Wasserarmut sich befinden und deshalb länger eine schonende, die Laubverdunstung herabdrückende Behandlung verlangen, als ein an dünnen Wurzeln beschnittenes Exemplar.

Am vorteilhaftesten ist es, wenn man bei dem Beschneiden der Wurzel ein Zurückschneiden ins alte Holz hinein vermeidet.

c) Die Wurzelbehandlung bei dem Verpflanzen der Topfgewächse.

Die Notwendigkeit des Umsetzens der Topfgewächse ergiebt sich, wenn entweder der Wurzelapparat krank ist oder durch starke Entwicklung sein Bodenquantum nährstoffarm gemacht hat.

Bei Wurzelerkrankung gelten die vorerwähnten Ratschläge betreffs Behandlung des oberirdischen Teiles; hier ist man genötigt, wenn die Wurzeln bis auf die Zonen gänzlich gesunden Gewebes zurückgeschnitten werden, meist auf das alte Holz zurückzugreifen und es darf auch in diesem Falle nicht geschont werden. Läßt man nämlich kleinere Faulstellen, so ist, namentlich bei unvorsichtigem Gießen und Auswahl unpassender (schwerer) Erde die Gefahr einer Fortsetzung der Fäulnis nahe gerückt. Von dem Verjauchungsheerde aus werden flüssige Zersetzungsprodukte vom gesunden Gewebe in die Höhe gesogen, äußern sich schließlich in Stammfäule und machen den Tod der Pflanze unvermeidlich.

Wesentlich für wurzelkranke Exemplare ist die Anwendung recht lockerer Erden und kleiner Töpfe.

Man nehme zunächst gar keine Rücksicht auf etwaigen Mangel an Nährstoffen, der bald eintreten könnte, wenn der Pflegling sich neu bewurzelt hat. Für diesen Fall ist durch späteres Umsetzen leicht Abhilfe zu bringen. Man denke jetzt lediglich daran, alle Bedingungen für baldige Neubewurzelung zu schaffen und dazu gehört die Herstellung eines stets gut durchlüfteten, mäßig feuchten Bodens. Diese gleichmäßige Feuchtigkeit ist nicht durch öfteres Begießen zu erzielen, sondern durch möglichste Erhaltung des einmal in der Erde vorhandenen Wassers, dessen Verdunstung beschränkt werden muß. Dies geschieht vorzugsweise durch Einfüttern der Töpfe in ein Beet mit Kohlenlösche oder Sand, Sägespäne, Lohe und andere durch-

lässige, zum Verschlämmen und Faulen wenig geeignete Materialien; besonders vorteilhaft wirkt ein solches Beet, wenn dasselbe erwärmt werden kann. Bei Zimmerkulturen der Pflanzenliebhaber ist das Einsenken des Topfes in ein größeres, mit Flußsand angefülltes Gefäß ratsam.

Flußsand ist bei allen Verwendungsarten im Gartenbau dem Grubensand vorzuziehen, weil letzterer durch seinen Thon-, Lehm- und Eisengehalt zum Verkitten geneigt ist. Wenn Flußsand nicht zu erlangen, so ist der Grubensand vor dem Verbrauch auszuwaschen. Wärmegrade von einer Höhe, die in Kästen und Häusern sich noch vorteilhaft erweisen, sind in der trockenen Stubenluft als schädlich zu vermeiden. Kranke Pflanzen müssen mehr Scherbenunterlage im Topfe als gesunde bekommen, um den Abfluß alles überschüssigen Wassers möglichst schnell zu gestatten.

Das Umsetzen einer Topfpflanze mit gesundem Wurzelballen erfolgt des eintretenden Nahrungsmangels wegen; die allmählich herangewachsene Pflanze beansprucht einen größeren Bodenraum, weil der alte gänzlich vom feinen Wurzelgeflecht ausgenutzt ist. Dasselbe liegt dann der Innenfläche des Topfes derartig fest an, daß es stets verletzt wird, sobald man den Topf abhebt. Es ist nun in der Praxis üblich, diese Verletzungen noch wesentlich zu vermehren, indem man mit einem zugespitzten Holze den an der Peripherie des Erdballens zu einer festen Schicht zusammengepreßten Wurzelfilz aufreißt und die fetzenartig sich ablösenden Partien dieses Filzes entfernt. Die Erfahrung hat die Nützlichkeit dieser in mäßigem Umfange ausgeführten Arbeit erwiesen. Läßt man den dichten Wurzelfilz des Ballens so fest, wie er aus dem kleinen Topfe herausgenommen und bringt denselben einfach in einen größeren Topf, so hat man erstens die Erde innerhalb des alten Ballens nicht erneuert und zweitens eine ungemein dichte, teilweis doch (vom Abheben des alten Topfes) verletzte Wurzellage mitten in eine neue, humusreiche, stark wasserhaltende Erdlage versenkt. Dieser dichte Wurzelfilz hat in seiner Gesamtheit ein ungemein großes Sauerstoffbedürfnis, dem bisher genügt war, weil der Filz sich an der Topfwand befand; jetzt aber sind die Verhältnisse andere geworden. In der neuen, an organischen, verwesenden Resten reicheren und daher selbst sehr sauerstoffbedürftigen Erde ist ein Teil der Bodenporen durch Wasser abgeschlossen, das sich mit den Zersetzungsprodukten, namentlich mit Kohlensäure sättigt und den Wurzelfilz umspült.

Infolgedessen treten von den Wundstellen aus auch häufig Fäulniserscheinungen ein. Zweitens sehen wir, daß die im Ballen aneinandergepreßt bleibenden, unverletzten Wurzelspitzen zunächst die Richtung beibehalten, in

der sie angelegt sind und nur langsam nach dem Topfe hin wachsen, während es doch vorteilhaft ist, daß möglichst bald wieder kräftige Wurzelspitzen in die gut durchlüftete Region der inneren Topffläche gelangen. Es ist daher besser, einen Teil des alten Wurzelnetzes zu entfernen und den schnell sich bildenden, neuen Wurzelzweigen einen freien Weg nach der Topfwand hin zu schaffen. Namentlich bei krautartigen Gewächsen läßt sich leicht beobachten, daß Exemplare mit gelockertem Ballen schneller durchwurzeln.

Betreffs der Erdmischung für Topfgewächse mag als allgemeine Regel gelten, daß die Erden zwar grob aber nicht zu leicht sein dürfen, um die Gefahr des zu starken Austrocknens zu vermeiden. Dies bezieht sich namentlich auf Zimmerkulturen.

d) Die Wurzelbehandlung bei dem Umsetzen der Freilandpflanzen.

Bei kurzlebigen, krautartigen Freilandgewächsen reguliert sich die Wurzelbehandlung von selbst. Bei dem Herausnehmen aus den Samenkästen oder Beeten wird die junge Pfahlwurzel des Sämlings stets verletzt und infolgedessen tritt alsbald Seitensprossung ein, wodurch die Zahl der Aufnahmeorgane vermehrt wird. Es handelt sich hier um perennierende, holzige Gewächse, die der Gärtner entweder als Handelsartikel zieht oder im eignen Nutzen später verwenden will. In beiden Fällen ergiebt sich die Notwendigkeit, bei der Anzucht auf eine leichte Transportfähigkeit des Exemplars Bedacht zu nehmen. Diese ist nur zu erlangen, wenn der gesamte Wurzelapparat einen kleinen Raum einnimmt. Bäume, die sich selbst überlassen sind, bilden an ihrem Entstehungsorte die Pfahlwurzel aus, durch die sie am besten im Boden verankert bleiben und aus den tiefen Bodenschichten genügende Quantitäten Nährstoffe entnehmen. Die Entwicklung dieser Tiefwurzler ist in der Regel eine verhältnismäßig langsame aber sehr dauerhafte. Bäume, die in der Jugend einmal verpflanzt worden sind, also eine Verletzung der Pfahlwurzelspitze erlitten, bilden in der Nähe der Wundstelle einige Seitenwurzeln, die ungestört in annähernd horizontaler Richtung weiter wachsen und meist zu wenig verästelten Peitschen werden. Solche Stämme aus dem Boden zu heben, erfordert einen ungemein großen Zeitaufwand; außerdem sind sie in der Form mit den gespreizten Wurzelästen wenig angenehm zu pflanzen, da die Pflanzlöcher eine außergewöhnliche Breite haben müssen. Man hilft sich dann meistens durch Absägen der Äste in einer Länge, die für ein gewöhnliches Pflanzloch passend erscheint. Damit hat man aber tief ins alte Holz geschnitten, und die Bildung von Adventivwurzeln ist spärlich, ihre Entwicklung anfangs langsam und schwäch-

lich. Die wenigen, stark gestutzten Wurzeläste geben dem Baume nur geringen Halt im Boden und produzieren spärlich Aufnahmeorgane, veranlassen also einen bedeutenden Wachstumsstillstand, der nicht selten das Exemplar überhaupt zu keiner kräftigen Entwicklung mehr gelangen läßt und vorzeitigen Tod einleitet.

Ein für den Standortswechsel erzogener Baum muß eine kurz verästelte, reich verzweigte und mit vielen Fasern versehene Wurzelkrone haben, deren sämtliche Aufnahmeapparate auf kleinen Raum zusammengedrängt sind.

Die große Anzahl feinster Wurzeläste repräsentiert eine möglichst ausgedehnte Absorptionsfläche und gleichzeitig ein Geflecht, das zwischen seinen Maschen die Erde festhält und dadurch die Bildung des für das Anwachsen verpflanzter Bäume so günstigen *Wurzelballens* ermöglicht.

Eine derartige, reichverzweigte, nestartig zusammengezogene Wurzelkrone kann aber nur durch einen Wurzelschnitt von Jugend auf erzielt werden. Dadurch ergiebt sich die *Notwendigkeit des mehrmaligen Verpflanzens* der jungen Baumschulstämme. Die Behandlung der jungen Wildlinge beginnt mit dem „*Pikieren*“ oder „*Verstopfen*“. Eine Besprechung der Technik dieses Verfahrens gehört nicht hierher, wohl aber die Erwähnung der passenden Zeit. Für Gegenden mit milden Wintern kann der November empfohlen werden, für unsere deutschen Klimate ist der März vorzuziehen, da wir dann den Beschädigungen der jungen Pflanzen durch harte Winterfröste aus dem Wege gehen und die Schnittwunden durch die sofort beginnende Lebensthätigkeit in kurzer Zeit geschlossen werden.

Manche Gehölze haben Neigung, wenige und schwach verzweigte, aber wie die ursprüngliche Pfahlwurzel tiefgehende Seitenwurzeln zu machen; in diesem Falle empfiehlt sich sogar ein zweimaliges Umstopfen. Alle Wurzeläste werden gestutzt; ebenso die Seitenzweige der oberirdischen Achse. Die Koniferen und andere immergrüne Pflanzen müssen ebenfalls nach Abschluß ihres Jahrestriebes verpflanzt werden. Da derselbe aber früher als bei den Gehölzen mit abfallendem Laube erfolgt, so kann man in Örtlichkeiten, die nicht von Sommerdürre zu leiden haben, schon zu Ausgang des Sommers versetzen und damit den Pflanzen Gelegenheit geben, noch neue Wurzeln zu bilden. Für Deutschland dürfte aber auch bei diesen Gehölzen die Frühjahrspflanzung vorzuziehen sein; nur mag man hierbei länger warten, weil der Trieb später kommt. Der Mai dürfte im allgemeinen der geeignetste Monat sein.

Digitized by Google

Zur Erhaltung der Frühjahrsfeuchtigkeit und der Lockerung des Bodens ist für Beete mit derartig jugendlichen Pflanzen ein Bedecken der Oberfläche mit lockerem Streumaterial (Lohe, Häcksel, kurzem Dünger, Moos, Stroh u. dgl.) sehr empfehlenswert.

In Rücksicht darauf, daß von vornherein die Bildung langer Wurzeläste verhindert werden muß, um nicht später ins ältere Holz zurückschneiden zu müssen, ist es unbedingt erforderlich, junge Pflanzen alljährlich zu versetzen und (je nach der Spezies) die stärkeren vorjährig gebildeten Wurzeläste bis etwa auf zwei Drittel ihrer Gesamtlänge zu verkürzen. Zu Anfang des letzten Drittels eines Wurzelastes ist die Neigung zur Seitenwurzelbildung in der Nähe der Schnittfläche noch stark genug, um eine entsprechend reichliche Verzweigung einzuleiten und die Wunde ist nicht so ausgedehnt, daß sie nicht bald überwallt werden könnte. Die großen Schnittflächen sind eben darum so gefährlich, weil sie zu lange ungedeckt und daher leicht zugänglich für Pilzfäulnis bleiben.

Aus Besorgnis vor diesem Übel hat man dann und wann wieder die Ansicht verteidigt, die Wurzel bei dem Verpflanzen gar nicht zu schneiden, sondern schneckenförmig oder spiralig einzurollen. Man geht dabei von der Beobachtung aus, daß gekrümmte Wurzeln oberhalb der Krümmungsstelle zur Bildung seitlicher Verzweigungen sich gern anschicken. Diese Beobachtung ist für junge Wurzelpartien richtig, wie man sich überzeugen kann, wenn man Keimpflanzen im Wasser wachsen läßt. Man sieht dann, daß kurze Zeit, nachdem eine junge Wurzelfaser den Boden des Gefäßes erreicht und sich dort umgebogen hat, oberhalb der Biegungsstelle eine oder einige Seitensprossungen sich zeigen.

Dennoch ist dieses Verfahren zu verwerfen, wie die Betrachtung derartiger Bäumchen einige Jahre nach dem Verpflanzen lehrt. Im Durchschnitt findet man den Pfahlwurzelkörper wieder; er ist eben nur schneckenförmig eingerollt, so daß die mit Faserwurzeln versehene Spitze dem Wurzelhalse nahegerückt erscheint. Die älteren Teile haben auch an den Krümmungsstellen keine Verästelungen produziert und die Anzahl derselben in der Spitzenregion erreicht niemals die Menge eines rechtzeitig gestutzten Exemplars. Außerdem darf man nicht vergessen, daß die Ernährung auch dadurch eine ungünstigere wird, daß die von der Spitzenregion aufgenommene Bodenlösung den langen, gekrümmten Weg durch den ganzen Pfahlwurzelkörper zu machen hat. Alle Krümmungen der Organe verlangsamen aber die Bewegung des flüssigen Nährmaterials. Je kürzer und direkter der Weg für die Flüssigkeiten, desto vorteilhafter für das Individuum. Ältere

Pflanzen, selbst wenn sie in guter Kultur und Gesundheit sich befinden, erleiden schon dadurch eine Schwächung ihrer Ernährung, jüngeren Exemplaren gegenüber, weil die rohe Bodenlösung sowohl als das plastische Baumaterial zu lange (und meist auch nicht mehr überall gangbare) Wege zurückzulegen haben, bis sie an die Endpunkte der Ernährungsbahnen d. h. an die äußersten Verzweigungen des Pflanzenkörpers gelangen. Daher das leichte Absterben von Spitzen horizontaler Äste an alten Individuen.

Thatsächlich ist also die Ernährung der Exemplare mit gekrümmter Wurzel ungünstiger, als bei rationell gestutzter Wurzelkrone; außerdem kommt aber auch noch das Umständliche bei der Pflanzung hinzu.

Wir dürfen das Kapitel der Wurzelbehandlung nicht verlassen, ohne den wichtigen Punkt berührt zu haben, daß *frisch verpflanzte Gehölze empfindlicher* als nicht verpflanzte sind.

Im allgemeinen ist der Wurzelkörper wegen seines lockereren Baues und größeren Wassergehaltes empfindlicher als die oberirdische Achse. Letztere kann sogar durch Wurzelverletzungen bisweilen widerstandsfähiger gemacht werden. So liegen beispielsweise Erfahrungen vor, daß im Herbst zeitig herausgenommene und eingeschlagene Obstbäume weniger Frostbeschädigungen an den Zweigen erlitten haben, als solche, die an Ort und Stelle geblieben. Eine derartige Erscheinung läßt sich durch die größere Wasserarmut der Zweige bei ersteren erklären, da bei dem Herausnehmen die Wasseraufnahme durch die Wurzeln unterbrochen worden, das Spitzenwachstum der Zweige (das namentlich bei Äpfeln in schwerem Boden bis zum Frosteintritt dauert) zum Stillstand gebracht und damit die Holzreife beschleunigt wird.

Die *leichtere Frostbeschädigung* von Wurzeln der im Herbst verpflanzten Gehölze beruht nicht auf der substanziellen Veränderung, sondern auf der erhöhten Leichtigkeit für den Frost, in die Tiefe zu dringen. Die Erde, mit der die Pflanzlöcher zugeworfen, liegt viel lockerer als der natürlich gelagerte Boden, in dessen engen Zwischenräumen sich mehr Wasser hält und die Luft viel schwerer beweglich ist. Darin liegt aber gerade der Frostschutz. Es empfiehlt sich daher bei Herbstpflanzungen über der Baumscheibe die Erde 30—40 cm hoch aufzutürmen und im Frühjahr auseinander zu werfen.

Die Lockerheit der aufgebrachten Erde, die sich erst nach Monaten vollkommen setzt, ist die Ursache, weswegen der Wurzelkörper bei Frühjahrspflanzungen auch leicht *durch Trockenheit leidet*. Darum ist es unter allen Umständen geboten, die Wurzeln stark einzuschlämmen. Man

lasse sich nicht verführen, das Anschlämmen zu unterlassen, weil der Boden vielleicht sehr naß ist und zur Zeit des Verpflanzens anhaltend Regenwetter herrscht. Die Hauptsache ist, daß möglichst bald eine feine Erdschicht sich den Wurzelästen auflagert und das kann nur durch Aufschlämmen erzielt werden.

Die Methode, die Wurzeln vor dem Verpflanzen in Wasser zu legen, halte ich nicht für allgemein empfehlenswert; das Gewebe saugt sich übermäßig voll und muß nachher im Boden wieder auf einen viel geringeren Wassergehalt zurück. Soweit Erfahrungen vorliegen, leiden Pflanzen, die vorher in hochgradiger Turgescenz standen, leichter bei eintretender Wasserarmut.

Man *vermeide* ferner bei frischgepflanzten Gehölzen *jede stärkere Düngung*. Die hochkonzentrierten Lösungen von Nährsalzen, die sich im Boden unter solchen Umständen bilden, können von dem verletzten Wurzelkörper nicht verarbeitet werden. Man ist bei dem Pflanzen doch stets bedacht, mindestens direkt um die Wurzeln eine kräftige Komposterde zu bringen, wenn man nicht das ganze Pflanzloch damit füllen kann, und diese Komposterde genügt vollkommen, den Baum im ersten Jahre vor Nahrungsmangel zu schützen. Hat man Material übrig, so breite man auf der Oberfläche verrotteten Dünger aus; derselbe wird dann allmählich ausgelaugt und ein großer Teil der Nährstoffe in die Tiefe geführt. Es ist mit Obigem aber nicht gesagt, gar keinen Dünger in die Pflanzlöcher zu bringen; besonders dort, wo roher Boden ist, wird Düngerzufuhr (namentlich tierischer Dung) sich durchaus vorteilhaft erweisen. Aber man bringe das Material derartig in das Pflanzloch, daß es erst im nächsten Jahre von den Wurzeln erreicht wird.

Bei der Düngung von (nicht verpflanzten) Standbäumen sind oft die Mineraldünger den tierischen Exkrementen vorzuziehen, weil die Zersetzung der letzteren wegen der vielfach vorhandenen Bodentrockenheit zu langsam von statten geht, die Unterbringung umständlicher und die Wirkung derselben nicht immer die gewünschte ist. Wenn Bäume beispielsweise schon an und für sich die Neigung zeigen, starke Holztriebe zu entwickeln und man auf die Bildung von Fruchtaugen hinzielt, so ist tierischer Dung weniger am Platze, wie einseitige Phosphorsäurezufuhr in Form von Thomasphosphatmehl u. dergl. Bei schwacher Holzentwicklung greift man dagegen mit Vorteil zu stickstoffreichen und kalihaltigen Düngemitteln.

Für große Bäume scheint mir die Form der Unterbringung vermittelst Gräben die vorteilhafteste zu sein.

Digitized by Google

Ein solcher Graben von Breite eines Spatens ist ungefähr in der Entfernung vom Stamm kreisförmig um den Baum zu ziehen, die der Peripherie der Krone entspricht. Man kann auch lieber etwas näher an den Stamm herangehen, muß aber für alle Fälle den Graben so tief auswerfen, daß man in das Geflecht der Wurzelkrone kommt und einen Teil der dünneren Verzweigungen durchsticht. An Stelle der ausgegrabenen Erde bringe man Komposterde, verotteten Dung oder in Ermangelung derselben Roherde mit frischen, tierischen Exkrementen, Hornspänen oder schwerer löslichen, düngenden Abfällen; am besten wäre eine fette Komposterde. Der Vorteil der Methode wäre ein durch die Wurzelverletzungen herbeigeführtes Nachlassen der Triebentwicklung, eine später sich einstellende Vermehrung der Faserwurzeln durch die in der Nähe der Wundstellen stattfindende Adventivwurzelbildung und eine allseitig gleichmäßig stattfindende Nährstoffzufuhr.

Die Besorgnis wegen Verwendung frischer, tierischer Exkremente ist hier darum weniger am Platze, weil immerhin eine gewisse Zeit vergeht, bevor die Adventivwurzeln gebildet werden und so weit sich verlängern, daß sie in größerer Ausdehnung mit dem Dünger in Berührung kommen. Bei Anwendung flüssiger Dungstoffe kann man statt des Grabens auch eine Anzahl Löcher von entsprechender Tiefe machen. Die Wurzeln werden an den neuen Nahrungsheerden sich besonders reichlich entwickeln; sie haben teilweis die ausgesprochene Fähigkeit, der Nährstoffquelle zuzustreben (Trophotropismus), sowie sie auch vermögen, bei ungleicher Verteilung des Wassers im Boden der größeren Feuchtigkeit nachzugehen (Hydrotropismus).

Rasennarbe unter den Bäumen ist zu vermeiden, weil die Graswurzeln das Regenwasser aufsaugen und in trockner Zeit auch noch Wasser aus der Region der Baumwurzeln entnehmen. In Perioden großer Trockenheit verlasse man sich nicht auf den Schutz, den anscheinend die Grasnarbe gewährt, sondern hebe dieselbe ab, gieße reichlich und decke sie verkehrt auf. Selbst wenn kein Wasser zum Begießen erreichbar ist, steche man den Rasen ab, grabe den Boden oberflächlich roh um und decke nun die abgestochenen Rasenstücke mit der Grasseite nach unten wieder über die Bodenfläche. Die großen Zwischenräume in der umgegrabenen Bodenfläche verhindern das kapillare Aufsteigen des Wassers aus den tieferen Erdschichten, erhalten somit den Baumwurzeln den spärlichen Wasservorrat; die umgestürzten Rasentafeln wirken als Decke, welche die saugende Wirkung abschwächt, die ein heißer, über die Bodenfläche streichender Wind auf die Luftsäulen in den Bodenzwischenräumen ausübt.

Fünftes Kapitel.

Bedeutung der oberirdischen Achse.

§ 15. — Wie ist die oberirdische Achse zusammengesetzt?

Der Wurzelkörper findet seine Fortsetzung in der oberirdischen Achse, die uns als ein Gerüst im allgemeinen entgegentritt, welches die Blätter trägt oder (in verhältnismäßig seltenen Fällen) die Blätterarbeit selbst übernimmt.

Die äußere Entwicklung der Achse ist in ihren Größenverhältnissen, ihrer Gewebezusammensetzung und Lebensdauer nach ungemein verschieden. Wir pflegen eine Achse, die nur Blüten trägt, als „Schaft" zu bezeichnen und bei den blättertragenden Achsen von einem Halm (z. B. bei den Gräsern), einem Stengel (bei krautartigen Pflanzen), einem Stamm (bei Bäumen) u. s. w. zu sprechen. Bei manchen Gewächsen finden wir den blättertragenden Achsenteil innerhalb der Erde, so daß nur der Laubteil und die Achsenspitze in der Luft sich befinden. Es ist hier nicht der Ort, auf die genauere morphologische und anatomische Betrachtung des Achsenorgans einzugehen, da wir als Pflanzen*züchter* nur nach der *Leistung* der Glieder und ihrer Bedeutung für den Haushalt der Pflanzen im allgemeinen zu fragen haben. Von diesem Standpunkt aus genügt es, zu beobachten, daß das Adernetz der Blätter, welche wir von vornherein als das Hauptarbeitsorgan des Pflanzenleibes bezeichnet haben, sich im Blattstiel zu umfangreicheren Strängen vereinigt und daß diese Stränge in den Achsenteil hinein sich direkt fortsetzen.

Wenn wir an einer dikotylen Keimpflanze den Strangverlauf von den jungen Blättern aus in den Stammteil hinein verfolgen, sehen wir, daß es diese Blattspurstränge sind, welche in kreisförmiger Anordnung im Stamm auftreten und bei ihrer weiteren Ausbildung den Holzcylinder des Stammorgans herstellen. Die Zahl der von einem Blatte aus in die Achse hineintretenden Stränge, die als Gefäßbündel bereits früher charakterisiert

Digitized by Google

wurden, ist bei den verschiedenen Pflanzen verschieden (3, 5, 7 u. s. w.), wie sich dies deutlich an den Blattnarben der Zweige unserer Bäume zeigt. Die dunkleren, oft erhabenen Punkte, die man auf der glatten Fläche der Blattnarbe wahrnimmt, sind die Bruchstellen ebensovieler Gefäßbündel, welche aus dem Stammorgan ausgetreten waren, um das Laubblatt zu ernähren. Jedes dieser Bündel läßt sich nun stammabwärts noch eine weite Strecke entlang an mehreren Blättern vorbeigehend, verfolgen, bis es schließlich immer schmäler wird und zwischen den Strängen der älteren, tiefer stehenden Blätter sich auskeilt, indem seine Elemente in die Bündelelemente der tiefer liegenden Blattspurstränge übergehen.

Nehmen wir die Spitze eines Zweiges zur Hand, die wir an derjenigen Stelle quer abgeschnitten haben, wo der Zweig schon holzig zu werden beginnt, so bemerken wir an der Schnittfläche in deren Mitte ein weiches (parenchymatisches) Gewebe, das wir als Mark bezeichnen. Dasselbe wird umschlossen von einem festen, weißen, strahlig gefächerten Ringe, den wir als Holzkörper ansprechen und dessen strahlig durchgehende Gewebestreifen die Markstrahlen sind.*) Der Holzring besteht aus dickwandigen, langgestreckten, zugespitzten und mit den Spitzen zwischen einandergreifenden Holzfaserzellen (Libriformfasern), zwischen denen sich die Gefäßröhren eingelegt vorfinden. Die Markstrahlen dagegen bestehen nur aus parenchymatischem Gewebe dessen Zellen häufig in der Radialrichtung am längsten gestreckt sind, so daß also ein Wasserstrom vom Marke auf dem Wege nach der Rinde hin weniger Querwände zu durchsetzen hätte, als wenn er dieselbe Wegstrecke innerhalb des Markstrahls von oben nach unten zu durchlaufen hätte. Diese Strahlen stellen somit die bequemsten Leitungsbahnen in der Querrichtung des Zweiges dar. Der Holzkörper seinerseits ist vollkommen umgürtet von einem schmalen, sehr zarten, leicht verletzbaren Geweberinge, dem Cambiumringe, der nach außen unmerklich in die grüne Rinde übergeht. Dieser Rindenmantel ist in seiner äußersten Schicht in derjenigen Zweighöhe, die noch krautartig ist, aus tafelförmigen, seitlich fest aneinanderschließenden Parenchymzellen gebildet, die meistenteils kein Chlorophyll haben und ein besonderes, oftmals abziehbares Häutchen, (die Oberhaut oder Epidermis) darstellen. An dem älteren, schon braun sich färbenden Zweigteil hat sich durch Entstehung neuer Zellen inner- und unterhalb der Epidermis eine mauersteinartig zusammengesetzte Lage aus Kork heraus-

*) S. Fig. 2 Seite 11. In diesem Längsschnitt durch das Holz und den inneren Teil der Rinde zeigt m die porösen Markstrahlzellen an.

gebildet, die einen feſten Schutzgürtel für das krautartige, darunterliegende Rindengewebe darſtellt. Aber auch außerdem zeigt ſich die Rinde noch differenziert. Man ſieht dies am beſten, wenn man z. B. an einem Stückchen grüner Weinrebe mit dem Fingernagel ſchabt. Da bemerkt man bald, daß ſich nur ein wenig krautartiger Subſtanz abkratzen läßt, und daß man bald auf feſte, weißlich erſcheinende, längsläufige Faſerſtränge ſtößt. Es ſind dies die Hartbaſtfaſern oder das Stereom: meiſt lange, ſpindelförmige, ſehr dickwandige, inhaltsarme aber biegſame Zellen, welche in Strängen vereinigt den Rindenkörper durchziehen und das Material liefern, das wir zum Aufbinden der Pflanzen verwenden. Dieſe Hartbaſtſtränge verlaufen parallel den Gefäßen in dem Holzkörper und unter dem Mikroſkop läßt ſich an dem einjährigen Zweige auch ſehr ſcharf erkennen, daß zu jeder zwiſchen zwei Markſtrahlen liegenden Holzpartie eine ebenſoweit innerhalb der Rinde ſich ausdehnende Baſtzone gehört, die im Querſchnitt oft wie eine Mondſichel erſcheint, welche mit ihrer Öffnung nach dem Marke hin gerichtet iſt.

Geſchützt von dieſer, im Querſchnitt ſichelförmig gebogen erſcheinenden Gruppe von Hartbaſtzellen finden wir nun noch im Rindengewebe verlaufende Stränge aus zartwandigen Zellelementen, welche entweder die Geſtalt der Cambiumzellen haben (Cambiform) oder Röhren darſtellen, die durch Verſchmelzung mehrerer, übereinandergeſtellter Zellen entſtanden ſind. Die Röhren haben als charakteriſtiſches Merkmal die Eigentümlichkeit, daß die Querwände der einzelnen Zellen, welche die Glieder der Röhre bilden, nicht ganz aufgelöſt (wie bei den Holzröhren), ſondern nur ſiebartig durchbrochen ſind. Deshalb führen dieſe Organe den Namen Siebröhren und ſie ſind es, welche neben dem Cambiform die Leitungswege für das organiſch fertige, in den Blättern bereitete, plaſtiſche Baumaterial (Aſſimilate) darſtellen und als Weichbaſt vom Hartbaſt ſtreng unterſchieden werden.

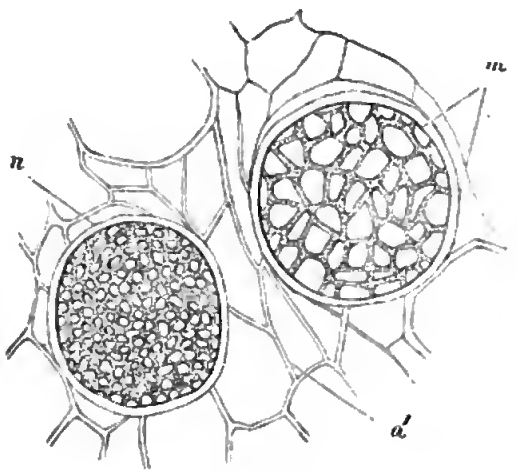

Fig. 10.

Teil eines Querſchnittes durch ein Gefäßbündel von Lagenaria vulgaris.

m weitmaſchige, n engporige Siebplatte; jede ſtellt den horizontalen Boden einer Siebröhre vor (nach de Bary).

Fig. 10 und 11.) Die Fig. 10 zeigt uns einen engmaſchigen und einen weitporigen Siebboden, wie ſolche als Querwand von zwei übereinanderliegenden Siebröhren auftreten. In Figur 11 iſt eine Siebröhre im Längsſchnitt dargeſtellt, der Siebboden alſo quer durchſchnitten. Die Poren ſind links noch ausgefüllt von der plasmareichen Inhaltsmaſſe, die rechts ſich durch Einwirkung von Alkohol bei ihrer Erſtarrung und Schrumpfung aus den Poren zurückgezogen hat. Die in den Poren auf dem Wege nach der andern Röhre befindlich geweſene Maſſe iſt zapfenförmig erſtarrt.

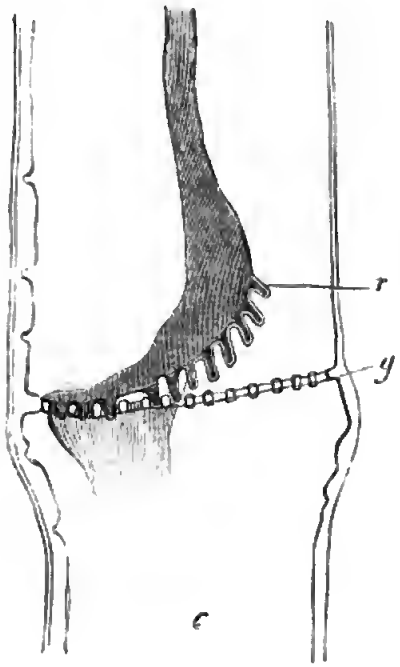

Fig. 11.

Längsſchnitt durch eine große Siebröhre von Lagenaria vulgaris, deren plasmatiſcher Inhalt durch Einwirkung von alkoholiſcher Jodlöſung ſich zu einem Schlauche r zuſammengezogen hat. Die Plasmapartien, welche in den Poren der Siebplatte g urſprünglich ſich befanden, ſind zapfenartig erſtarrt und bei dem Schrumpfen der ganzen Inhaltsmaſſe herausgezogen worden (nach de Bary).

Nicht ohne Grund haben wir hervorgehoben, daß dieſe Weichbaſtſtränge innerhalb des Rindenkörpers in ihrer Entwicklung und Gruppierung parallel mit den Strängen des Holzkörpers gehen; ſie ſind eben Teile derſelben Gefäßbündel, welche den Achſenkörper durchziehen.

Geſtützt auf dieſe Erkenntnis, können wir uns jetzt von einer einjährigen, oberirdiſchen Achſe, alſo einem Zweige oder Stengel, folgendes Bild machen. Stellen wir einen ſolchen Pflanzenteil ſenkrecht vor uns hin, ſo erſcheint er uns als ein langgeſtreckter, turmartiger Aufbau mit vielen Etagen. Jede Etage iſt gekennzeichnet durch die Anheftungsſtelle eines Blattes. Der Hauptbauſtein bei dieſem Gebäude iſt die Parenchymzelle, die ihrer Geſtalt und Zuſammenfügung nach am beſten mit den Zellen der Bienenwaben verglichen werden kann. Aus ſolchen Parenchymzellen beſtehen die Blätter und, der Hauptſache nach, der junge Zweig oder Stengel. Jede Parenchymzelle iſt ein Kämmerchen, in welchem in einer beſtimmten Zeit des Lebens eine außerordentlich rege Thätigkeit herrſcht, deren Zweck die Herſtellung neuer organiſierter Pflanzenſubſtanz iſt. Eine ſolche Thätigkeit kann nur gedeihlich unterhalten werden, wenn in dieſe Werkſtätten immer neues Rohmaterial eingeführt und das fertige Aſſimilat abgeführt wird.

Dazu sind besondere Leitungsbahnen angelegt: die Gefäßbündel (Mestome), die aus zwei gesonderten Strangsystemen bestehen; das eine System enthält die Holzröhren und bildet den Holz- oder Hadromteil, das andere enthält die Siebröhren und bildet den Weichbast- oder Leptomteil. Im ersteren wird die von der Wurzel aufgenommene, rohe Bodenlösung nach allen Verbrauchsorten hingeführt; im letzteren strömen die fertig gekochten Assimilate zurück nach jenen Orten, wo neue Zellen gebildet werden sollen.

Innerhalb des Blattes sehen wir diese Leitungsstränge als fein verteiltes Adernetz die ganze Parenchymmasse durchziehen und sich in der Mittelrippe zu einem kompakteren Strangsystem vereinigen.

Dieses Strangsystem tritt nun in die Achse ein; jedes von einem Blatte ausgehende Bündel läuft abwärts an den nächst niederen Stockwerken vorbei und legt sich 4, 5 und mehr Etagen tiefer an die Bündelstränge an, die von dem dortstehenden Blatte kommen. Auf diese Weise lauft also jedes Bündel eines Blattes zwischen solchen, die zu tiefer stehenden Blättern führen und wenn wir an irgend einer Stelle der Achse einen Querschnitt machen, treffen wir stets die Leitungssysteme von mehreren übereinander stehenden Blättern.

Die von den Blättern eintretenden Strangsysteme erscheinen gleichsam eingelassen in den parenchymatischen Grundstock, der den Hauptbestandteil der einjährigen Achse bildet. Da die Stränge bei den Dikotylen und Koniferen kreisförmig in dem Grundgewebe eingelassen sind, (Fig. 12 A) so bilden sie innerhalb dieses Gewebes einen später zusammenhängenden Ring und trennen dadurch eine mittlere Zone von einer Randpartie. Die mittlere Zone nennen wir den Markkörper (M), die Randpartie ist die Rinde (R). Wenn die Gefäßbündelstränge nicht nach ihrem Eintritt in die Achse parallel in gewissem Abstande von der Außenfläche verlaufen und sich ringförmig stellen, sondern in einem eigentümlichen Bogen erst nach der Mitte des Stammes streben und dann nach der Rinde zu sich zurückbiegen, können wir auf dem Querschnitt einer solchen Achse auch keine regelmäßige Anordnung wahrnehmen. Der Querschnitt zeigt dann die durchschnittenen Gefäßbündel als dunkle, feste, unregelmäßig gestellte Gruppen durch das ganze Grundgewebe der Achse verteilt und die Trennung in Mark und Rinde wird nicht erkennbar. Dies ist der Fall bei den monokotylen Gewächsen, von denen die Stämme der Palmen, Dracaenen, des Mais u. a. leicht zugängliche Beispiele liefern.

Digitized by Google

§ 16. — Was iſt Cambium?

Aber nicht bloß im Strangverlauf, ſondern auch in der Zuſammenſetzung der einzelnen Leitbündel zeigt ſich zwiſchen Monokotyledonen einerſeits und Dikotylen nebſt Koniferen andererſeits ein Unterſchied. Bei beiden ſind die Stränge zwar in der Jugend aus denſelben zartwandigen, plasmareichen Zellelementen aufgebaut und ſtellen in dieſer Entwicklung die ſog. Procambiumſtränge dar; aber bei ihrem Älterwerden differenzieren ſie ſich in verſchiedener Weiſe. Bei dem von der Peripherie jedes Bündels nach der Mitte hin fortſchreitenden Prozeß der Ausbildung der einzelnen Procambiumzellen zu Holz- (Fig. 12 A x) und Siebgefäßen (Fig. 12 A p) und dergl. bleibt bei den Gefäßbündeln der meiſten dikotylen Gewächſe eine Querzone in der Mitte übrig, deren Zellen nicht nur die urſprüngliche, zarte Wandung und den reichen protoplasmatiſchen Inhalt bewahren, ſondern auch die Fähigkeit behalten und ausüben, durch Ausbildung neuer Querwände in ihrem Innern ſich zu teilen, alſo ſich zu vermehren. Dieſe dauernd vermehrungsfähige Zone fehlt den Monokotylenbündeln und dieſe einzelnen Bündel können daher in ſpäteren Jahren nicht mehr in die Dicke wachſen, während die meiſten Gefäßbündel der Dikotyledonen dieſe Fähigkeit dauernd behalten.

Wenn bei Eintritt einer neuen Vegetationsperiode ſich bei den langlebigen Pflanzen das Bedürfnis nach Vermehrung von Zuleitungselementen herausſtellt, ſo kann dies bei den Monokotylen nur durch Anlage ganz neuer Bündelſtränge geſchehen, bei den Dikotylen aber durch Vermehrung der Röhrenſyſteme innerhalb eines ſchon vorhandenen Bündels.

Für die in der Überſchrift geſtellte Frage genügt es, jetzt feſtzuhalten, daß der Stammteil unſerer Holzgewächſe ſich dadurch aufbaut, daß in das Grundparenchym, ringförmig nebeneinandergeſtellt, die von den Blättern herkommenden Gefäßbündel eingelaſſen ſind. Da nun alle Gefäßbündel gleichſinnig liegen d. h. bei allen der Holzteil nach der Mitte hin gerichtet, (Fig. 12 B x), der Baſtteil in der Rinde ſich eingeſenkt findet (Fig. 12 B p und b b b), ſo bilden alle Holzteile zuſammen eine Scheibe, die nur gefächert wird durch die ſchmalen Markſtrahlen. Letztere ſetzen ſich auch in die Rinde fort und beſitzen die Eigentümlichkeit, die Beſchaffenheit ihrer Zellen denjenigen Geweben anzupaſſen, die ſie gerade durchlaufen. So lange alſo der Markſtrahl im Holze läuft, ſind ſeine Zellen verholzt, ſobald er dagegen in die Rinde tritt, teilen ſeine Zellen den weichen Charakter des Rindengewebes. Aus dieſem Grunde bezeichnet man auch die beiden

Teile des Markstrahls als Holzstrahl (Xylemstrahl) (Fig. 12 C, i f h) und Rinden- oder Baststrahl (Phloëmstrahl) (Fig. 12 C, i f p).

Durch diese Anpassung des Strahlgewebes an den Charakter der seitlich anstoßenden Elemente der Gefäßbündel, die nach älterer Bezeichnung auch „Fascicularstränge" heißen, wird die Beschaffenheit der einzelnen Ringzonen eines Stammes eine gleichartige: wir nehmen mit bloßem Auge eine gleichmäßige Holzscheibe und einen gleichartigen Rindengürtel wahr.

Jedes Gefäßbündel besitzt aber, wie wir oben gesagt, eine zwischen dem in der Rinde eingelagerten Bastteil (Fig. 12 C, p und b bb) und dem Holzteil (Fig. 12 C, x und f h) eine Querzone fortpflanzungsfähiger und thatsächlich auch sich vermehrender Zellen (Fig. 12 C, f c); diese aus dem ursprünglichen Procambium übrig bleibende und durch Zellteilung sich fortgesetzt vermehrende Zone jedes Bündels nennen wir das Cambium. Die Cambiumstreifen im Querschnitt der einzelnen Bündel liegen ebenfalls in gleicher Entfernung vom Zentrum der Achse.

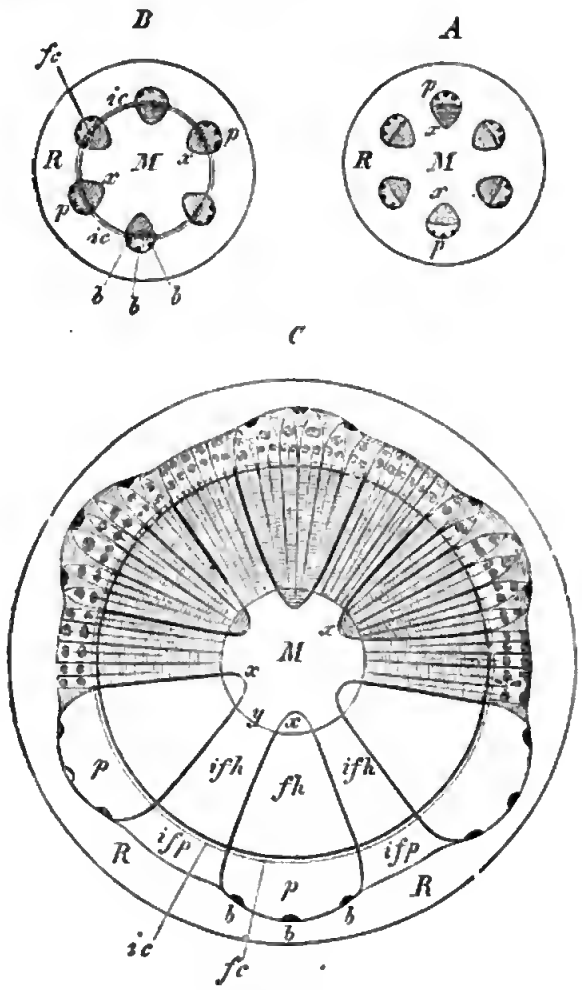

Fig. 12.

Schematische Zeichnung zur Darstellung der allmählichen Bildung der Holzscheibe eines dicotylen Stammes.

A Querschnitt durch die Spitzenregion des Zweiges: die einzelnen Gefäßbündel liegen als kleine kreisförmig gestellte Inseln im Grundgewebe und teilen dasselbe in einen zentralen (Mark) Teil (M) und eine Rindenpartie (R); x Holzteil, p Siebteil der Gefäßbündel. B Querschnitt durch eine etwas ältere Zweigpartie. Bündelgruppen schon größer geworden; die hellen Partien zwischen den dunklen Gruppen bilden die Markstrahlen. In den dunklen Gruppen liegt zwischen x (Holz) und p (Siebteil) der Cambiumstreifen fc (Fascicularcambium). Dieser Cambiumstreifen setzt sich fort in den Markstrahl (i c) hinein (Interfascicularcambium); auf diese Weise entsteht der Cambiumring. C Querschnitt durch den fertigen Zweig. Die Holzteile f h der Bündel und die verholzten Teile des Markstrahls i f h bilden zusammen die fertige Holzscheibe, deren Spitzen x abwechselnd mit y die Markkrone bilden; i c und f c setzen den Cambiumring zusammen. In der Rinde R liegen die Siebelemente der Bündel p und der Markstrahlregion i f p; b sind die Hartbaststränge, die, schützend gegen den äußeren Druck, vor den Siebteilen sich als Längsleisten hinziehen (nach Sachs).

Die Streifen berühren einander seitlich nicht direkt, weil zwischen je zwei Bündeln ein Markstrahl sich hindurchzieht; aber das sie trennende Markstrahlgewebe nimmt auch den Charakter des seitlich angrenzenden Gewebes, also den Cambiumcharakter an und bildet somit eine Brücke (Fig. 12 C, i c) zwischen je zwei seitlich aneinanderstoßenden Streifen, so daß auf diese Weise ein zusammenhängender Cambiumring hervorgebracht wird (Fig. 12 C, f c und i c).

Was im Querschnitt einer Achse als Ring erscheint, ist thatsächlich ein der ganzen Länge des Organs nach sich erstreckender Zellenmantel, so daß uns jetzt der einjährige Zweig oder Stamm als eine Säule erscheint, deren Mitte durch einen parenchymatischen Vollcylinder, das Mark, eingenommen wird. Um denselben lagert der breite Hohlcylinder des Holzes; über denselben spannt sich der zarte Cambialmantel und dieser wird gedeckt von dem Rindenmantel.

Die Anschauung also, die noch bei manchen älteren Schriftstellern vertreten ist, daß das Cambium ein Saft, ein sog. Bildungssaft sei, der zwischen Holz und Rinde zirkuliere, ist falsch. Cambium ist kein Bildungssaft, sondern ein Bildungsgewebe. Solche Gewebe, die aus zarten, lückenlos aneinanderliegenden, mit plastischem Baumaterial, Protoplasma, angefüllten, teilungsfähigen Zellen besteht, bezeichnet man als Meristem. Cambium ist also ein Meristem.

Zum bessern Verständnis der Lage und Beschaffenheit des Cambiumringes betrachten wir den Querschnitt eines einjährigen Zweiges vom Goldregen (Cytisus Laburnum), der im Mai des zweiten Jahres zur Untersuchung genommen worden ist. (Fig. 13.)

Der vorliegende Ausschnitt aus der Stammscheibe enthält bloß die wesentlichen Elemente; es fehlt in der Figur die äußere Rinde, die jenseits r zu suchen ist und der Markkörper, der auf der entgegengesetzten Seite der Figur, also vor m liegen würde. Wir haben also gleich ein Stück der Holzscheibe vor uns, die bis c reicht. In c sehen wir die Cambiumzone, aufgebaut aus dünnwandigen, plasmareichen, ohne Intercellulargänge dicht aneinandergeschlossenen Zellen, welche sich vermehren und in der Richtung nach n h zu sich zu neuen Holzelementen umbilden, am entgegengesetzten Rande, also nach r hin zu neuem Rindengewebe werden, in der Mittellinie aber (da, wo Buchstabe c steht) den eigentlichen Vermehrungsherd haben.

Die jenseits der Cambiumzone liegende Rinde besteht der Hauptsache nach aus dem, das grüne Rindenfleisch bildenden Rindenparenchym r; in

dieſem eingeſenkt liegen die Stränge der dickwandigen Hartbaſtzellen b und daneben Gruppen von ſogen. Steinzellen st. Letztere haben die Geſtalt der Parenchymzellen, aber eine ungemein ſtark verdickte, von Porenkanälen durchzogene Wandung und ſcheinen nach Verteilung und Ausbau den Hartbaſtzellen verwandt zu ſein.

Der Holzkörper gliedert ſich in das feſte, vorjährige Holz a h und das noch nicht ſo dickwandige Neuholz n h, das erſt bis Mai des laufenden Jahres entſtanden iſt. Die Elemente, die Altholz und Neuholz zuſammenſetzen, ſind dieſelben; wir erkennen die durchſchnittenen, weiten Gefäßröhren g eingebettet in die englumigen Holzfaſerzellmaſſen h. Dieſe Holzmaſſen werden gefächert durch die verholzten Parenchymſtreifen m, welche die Markſtrahlen darſtellen.

Dasſelbe Stückchen Holz finden wir in Fig. 14 im Längsſchnitt dargeſtellt.

Hier erkennen wir in der Cambiumzone c den Aufbau derſelben aus zarten, noch ſtumpf aufeinanderſtehenden Zellen, die auf ihrem Übergange zu Rindengewebe im vorliegenden Falle, wo ſie zu Baſtparenchym werden (b p), noch ihre urſprüngliche Geſtalt und Größe behalten haben, aber bereits weiter und dickwandiger geworden ſind. Auf der andern Seite, nach g hin

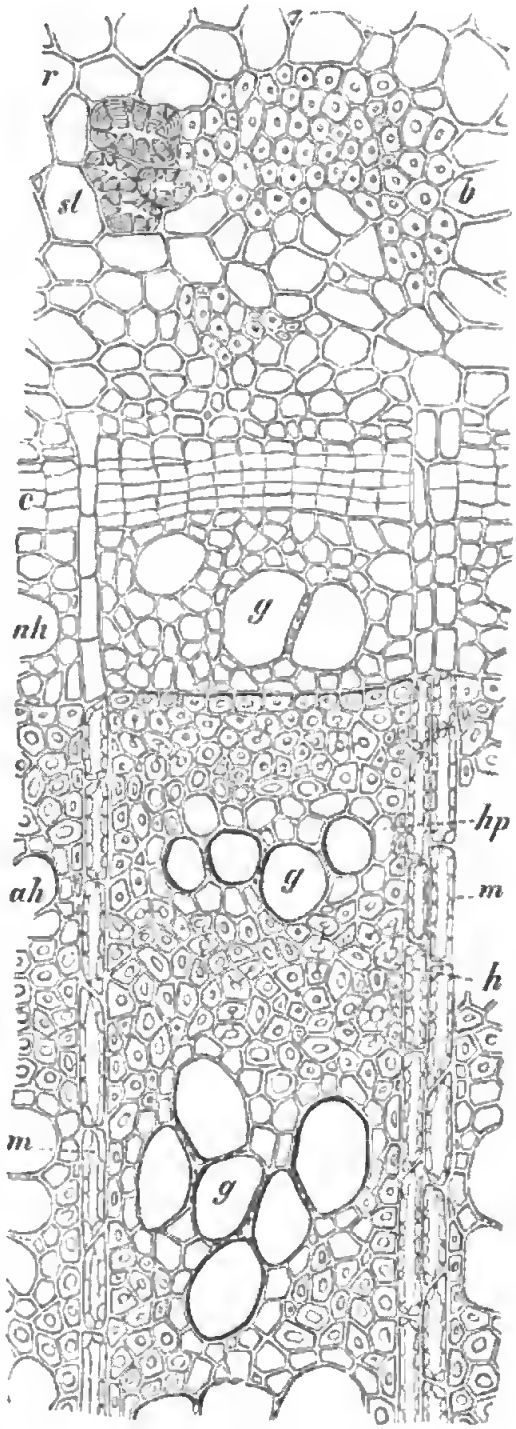

Fig. 13.
Querſchnitt durch einen Zweig von Cytisus Laburnum. (Nach Queriſſen.)

r Innere Rinde; b Hartbaſt; st Steinzellen; c Cambium; n h diesjähriges, a h vorjähriges Holz; g Gefäße; h Holzzellen (Libriform) und Tracheiden, h p Holzparenchym; m Markſtrahlen.

aber haben sie sich bereits gestreckt, sind länger und zugespitzt geworden und schieben sich mit ihren Spitzen aneinander vorbei, wodurch ihre gegenseitige Verbindung eine festere wird.

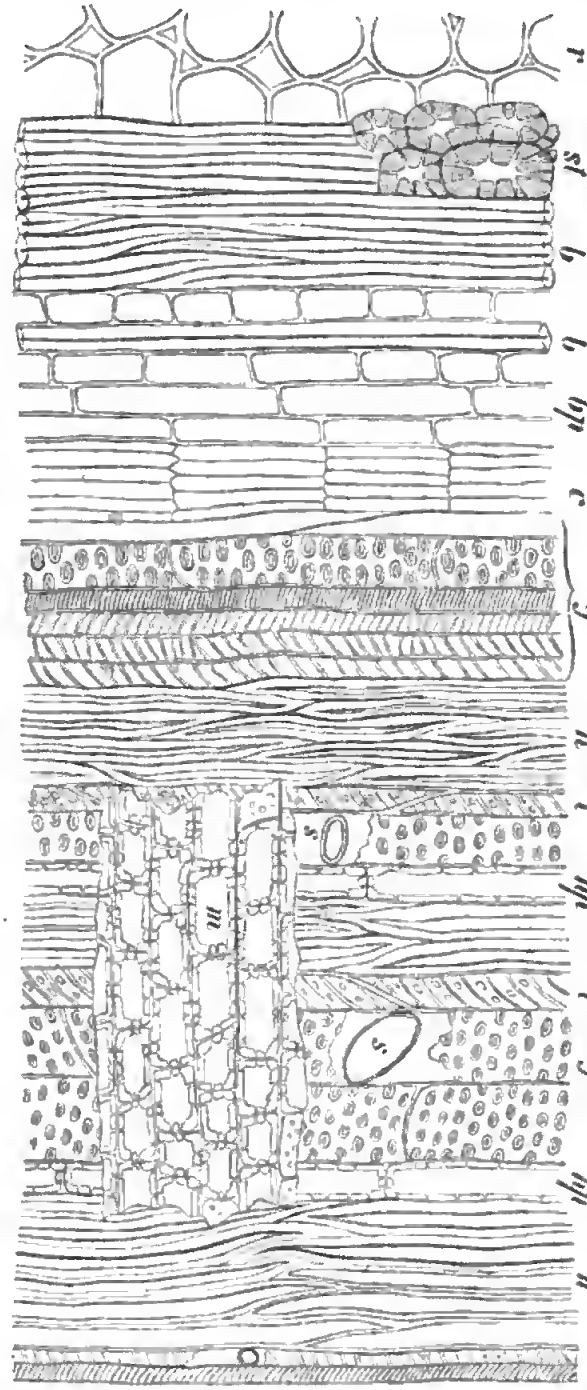

Fig. 14 (wiederholter Abdruck von Fig. 2).*
Längsschnitt durch den Holz- und Bastteil eines einjährigen Zweiges von Cytisus Laburnum. (Nach Sachs.)
r Parenchymzellen der innersten Rinde; st Steinzellen; b Hartbastzellen; bp Bastparenchym; c Cambiumzone; g Gefäße und Holzzellen des Jungholzes; h Holzzellen (Libriform); t Tracheiden; hp Holzparenchym; g Gefäße des alten Holzes mit einer durchbrochenen Querwand s; ein quer das Holz durchsetzender Markstrahl ist bei m teilweis sichtbar.

Denken wir uns eine sehr große Anzahl derartiger Scheibenstücke, wie in Fig. 13 dargestellt, seitlich kreisförmig aneinandergereiht, so haben wir das Bild eines Querschnitts unserer Bäume mit ihrem das Dickenwachstum unterhaltenden Cambiumringe.

§ 17. — Wozu dient das Cambium bei ungestörtem Wachstumsverlauf?

Der Ring fortbildungsfähiger Zellen zwischen Holz und Rinde befindet sich be-

* Der Verfasser hat einzelne Figuren im Text wiederholt. Er geht von der Ansicht aus, in einem populären Werke, das den Zweck der Belehrung verfolgt, nur eine beschränkte Anzahl von Figuren, aber diese in mehrfacher Wiederholung zu geben, weil dem Leser sich dann einzelne Figuren fest ins Gedächtnis einprägen. Solche Bilder stellen dann den Grundbau dar, um welchen sich die wissenschaftlichen Begriffe angliedern.

treffs seiner Ernährung in sehr günstiger Lage. Durch den Holzkörper, an den er grenzt, kann er nach Bedürfnis die von der Wurzel aufgenommene, rohe Bodenlösung erhalten; im Rindenkörper laufen in geringer Entfernung die Weichbaststränge, welche fertige Baustoffe von den Blättern aus abwärts leiten. Außerdem können Rinden- und Markstrahlparenchym unter Umständen auch noch Material zur Ernährung des Cambiums herbeitragen, da sie zeitweise Speicher für Reservenahrung (meist in Form von Stärke) darstellen und ihr Material im Bedarfsfalle mobilisieren.

Durch diese günstige Lage des Cambiums erklärt sich seine stete Vermehrungsthätigkeit, infolgedessen es bald eine neue Zellenlage an das Holz anlegen kann und auf diese Weise das Neuholz oder den *Splint* bildet, bald die Rinde in ihren innersten Lagen um neue Zellschichten vermehrt und damit die älteren nach außen drückt.

Die ständige Arbeitsleistung des Cambiums ist also die *Unterhaltung des Dickenwachstums* des Stammes.

Der Holzkörper verdickt sich an seinem Umfange, die Rinde in der innersten Zone. Beide Wachstumsregionen liegen dicht bei einander und sind nur getrennt durch den schmalen Streifen von Cambialzellen, die gerade in Teilung begriffen sind.

Die durch die Thätigkeit des Cambiums entstehenden, neuen Gewebe werden älter, dehnen sich aus und brauchen daher Platz; sie pressen deshalb die vor ihnen liegende, alte Rinde nach außen. Dies geschieht aber nicht widerstandslos; denn die alte Rinde ist an ihrem ganzen Umfange mit einem Korkgürtel versehen, der vermöge seiner Elastizität das Rindengewebe in seiner bisherigen Lage zusammenhalten will. Dieses Bestreben des Korkmantels äußert sich als Gegendruck, (*Rindendruck*) der sich nach innen hin bis auf die Cambiumzone bemerkbar macht und eine mitwirkende Ursache für die Gestaltung der neu sich bildenden Holzzellen darstellt. Man sieht nämlich, daß das Cambium sofort eine andere Art von Holz bildet, wenn man künstlich den Rindendruck durch Einschneiden aufhebt.

Das zunehmende Dickenwachstum des Stammes veranlaßt schließlich doch ein Sprengen des Korkgürtels an einzelnen Stellen des Umfangs; es bilden sich dann innerhalb des grünen Rindengewebes neue Lagen tafelförmiger Korkzellen. Das außerhalb der neu entstandenen Korklage befindliche Parenchym ist damit von seiner Ernährungsquelle abgeschnitten, vertrocknet und wird schuppenartig nach außen gestoßen: es entstehen auf diese Weise die *Borkenschuppen*.

So nützlich die Korkumkleidung eines Stammes als Schutzschicht für das grüne Rindengewebe sich auch erweist (denn Kork läßt nur äußerst geringe Mengen von Wasser und Gasen durch) so unangenehm macht sie sich manchmal im gärtnerischen Betriebe geltend. Bei Bäumen auf nassen Standorten zeigt sich eine größere Zähigkeit des Korkgürtels, eine langsamere Borkenbildung und unvollkommene Abstoßung der Borkenschuppen. Dadurch wird der Rindendruck erhöht, die Durchlüftung der Rinde vermindert und das Dickenwachstum des Stammes verlangsamt. In solchen Fällen stellt sich ein reichliches Vermodern einzelner Teile der Borke und damit eine reichere Ausbreitung der Flechtenvegetation ein. Diese sogenannten „vermoosten Stämme" lassen also in der Mehrzahl der Fälle auf schädlichen Rindendruck schließen und mahnen zur Abhilfe. Solche besteht entweder nur im Abkratzen der Baumstämme oder außerdem noch in der Anwendung von Längsschnitten durch das Rindengewebe, dem Schröpfen.

Das bei der Baumpflege immer mehr platzgreifende Abkratzen der Stämme ist also durchaus empfehlenswert als Vorbeugungsmittel gegen schädlich gesteigerten Rindendruck und gegen Einnisten von Insekten in den Schlupfwinkeln der alten Borke.

§ 18. — Wie funktioniert der gesamte Stammapparat?

Wir haben Bau, Lagerung und Thätigkeit von Holz- und Rindenkörper, sowie vom Cambium im vorhergehenden skizziert; es bleibt uns nur noch der zentrale Gewebecylinder, der Markkörper übrig. Derselbe besteht aus Parenchym, das bei einigen Familien noch von zarten Weichbast- oder ganzen Gefäßbündelsträngen, also Leitungswegen für fertige Baustoffe durchzogen wird. Solche markständige Leitungswege finden sich z. B. bei denjenigen Begonien, welche Knollen und Rhizome besitzen, also Speicher für eine blattlose Ruheperiode zu füllen haben, während sie den Strauchbegonien fehlen. Markständige Stränge finden sich hier also bei Pflanzen, welche im Winter „einziehen". Aus dem Umstande schon, daß bei vielen Gewächsen das Mark ohne Schädigung des Organs im Alter abstirbt, ja manchmal auch zerreißt, vertrocknet und verschwindet, muß man schließen, daß die Hauptthätigkeit des Markkörpers in der Jugendperiode des Pflanzenteils zur Geltung kommt. Thatsächlich haben Versuche gelehrt, daß das Mark als der Schwellkörper der oberirdischen Achse anzusehen ist, welcher das Längenwachstum des Pflanzenteils beschleunigt. Wenn wir ein Stück aus einem jugendlichen

Zweige von Hollunder (Sambucus) herausschneiden und in Wasser werfen, so bemerken wir in kurzer Zeit, daß das Mark sich über die Schnittflächen bedeutend vorwölbt, also durch die reichliche Wasseraufnahme sich stärker verlängert, als alle andern Gewebe, namentlich mehr als der Holzkörper. Spalten wir letzteren vorsichtig ab, so wird die Streckung des Markkörpers noch auffälliger und es zeigt sich somit, daß das Holz durch seine innige Verbindung mit dem Markparenchym dasselbe nur an seinem Verlängerungsbestreben hindert. Das in seiner Streckung vorauseilende Markgewebe zieht dagegen den Holzring, so lange derselbe noch jung und schwach entwickelt ist, mit in die Höhe, verdient also thatsächlich den Namen „Schwellgewebe". Neben dieser Hauptfunktion erfüllt es aber vielfach noch im vorgerückten Alter den Zweck, als Speicher für Reservestoffe des Baumes zu dienen; denn wir finden im Winter einzelne Zellstränge oder wohl auch den ganzen Markkörper mit Stärke erfüllt.

Das bei langlebigen Pflanzen so mächtig entwickelte Stammorgan erscheint uns somit trotz seiner Massenausbildung doch nur als ein Apparat von untergeordneter Bedeutung für den Haushalt der Pflanze. Es ist im wesentlichen ein Gerüst für die Hauptarbeitsmaschinen, die Blätter, deren Leitungsstränge es in Verbindung mit dem meist einzigen, aber dafür sehr ausgebildeten, zentralen Gefäßbündelkörper des zweiten Hauptapparates, des Wurzelkörpers erhält. Wie alle organischen Maschinen, die sich eben dadurch von den mechanischen unterscheiden, hat der Stamm die Fähigkeit, sich den gesteigerten Bedürfnissen entsprechend, aus sich selbst heraus zu erweitern und zu vervollkommnen. Vermöge seines Markcylinders vermag er sich zu verlängern, um neuen Blattgenerationen Raum zu geben und durch seinen Cambiumring kann er sich verdicken, um neue Leitungssysteme für den neu ausbrechenden Laubapparat herzustellen. Diese Leitungsstränge sind zweierlei Art. Die im Holzkörper verlaufenden Röhrensysteme pressen und heben die von der Wurzel aufgenommene Rohnahrung nach allen Teilen, wo assimilatorische Thätigkeit herrscht und verteilen sie durch immer feinere Verzweigungen (Nerven) bis in die entferntesten Endigungen des Blattes, dessen grünes Gewebe durch den Einfluß des Lichtes die Fähigkeit besitzt, aus der Kohlensäure der Luft und den Bodensalzen neue organische, zum weiteren Aufbau verwendungsfähige Substanz herzustellen.

Alles was das Blattgewebe zum eigenen Ausbau nicht sogleich verwenden kann, fließt in dem zweiten Teile des Strangsystems, im Weichbast, dessen Elemente meist mit den Zuleitungsröhren verbunden sind, abwärts nach der Achse hin. Dort wandert das Baumaterial langsam innerhalb des Rinden-

körpers abwärts, wobei es ſeitlich nach innen und außen die notwendigen Stoffmengen abgiebt. Dieſer, von Zelle zu Zelle, von Siebrohr zu Siebrohr, abwärts wandernde Strom der Aſſimilate regelt die Menge der Neubildungen des Cambiums, alſo den jährlichen Zuwachs. In mageren Jahren, in denen der Laubkörper wenig arbeitet, oder wenig entwickelt iſt (z. B. nach Raupenfraß), kommt es vor, daß das plaſtiſche Material unterwegs ſchon aufgebraucht wird und für die Cambiumzone des Wurzelkörpers, die ſich wie diejenige der oberirdiſchen Achſe verhält, nichts mehr übrig bleibt. In ſolchen Fällen *keilt ſich unterwegs der Jahresring aus* d. h. es bildet ſich eben nur ſo weit von der Krone her ein neuer Holzring, als das Material in der Leptomleitung ausgereicht hat. Bei normalen Vegetationsverhältniſſen dagegen iſt Überſchuß der Produktion. Das Leitungsbett der Gefäßbündel reicht für den Aſſimilaten-Strom nicht aus und derſelbe überflutet gleichſam ſein gewöhnliches Bett und lagert ſein Material in der Umgebung ab; dann füllt ſich das Parenchym der Rinde, der Markſtrahlen und des Markcylinders mit Stärke und dieſe bilden dann die Vorratsſpeicher für künftige Zeiten.

Wenn Bäume ſich ſelbſt überlaſſen werden, ſo bilden ſie ihre Stammſäule dadurch, daß die unteren Verzweigungen frühzeitig zu Grunde gehen. Abgeſehen von Verletzungen des erreichbaren Laubteils durch Tiere *reinigt ſich auch der Stamm von ſelbſt*. Entweder durch die Beſchattung von Nachbarn oder ſpäter infolge von Lichtentziehung durch die eigene Krone, kommen die unteren, ſchwachen Seitenäſte zum Abſterben und gehen durch Windbruch u. dgl. verloren.

Die Ausbildung der Stammſäule iſt ſomit eine ſich von ſelbſt einſtellende Nützlichkeitsvorrichtung, die bei unſern Kulturbäumen durch den Kulturzweck nicht immer geboten erſcheint und deshalb nach Bedarf in Wegfall kommen kann. Daher die Einrichtung unſerer *Halbſtämme* und *Zwergobſtbäume*.

Sechstes Kapitel.

Das Blatt.

§ 19. — Wie ist das Grundorgan des Blattes beschaffen?

Die mikroskopische Untersuchung zeigt, daß das Blatt der Hauptsache nach aus grünen Parenchymzellen besteht, welche flächenartig angeordnet sind. Das Parenchym ist, wie wir schon erwähnt haben, diejenige Gewebeform, deren rundliche oder unregelmäßig sechsseitige Zellen annähernd nach allen Richtungen hin gleichen Durchmesser besitzen oder eine cylindrische Streckung zeigen und die mit einer hinreichend dicken Wandung vorübergehend oder dauernd einen reichen Inhalt verbinden, in welchem sich die hauptsächlichsten Stoffbildungs- und Stoffwechselprozesse abspielen. Dadurch wird die Parenchymzelle zum wichtigsten Organ des ganzen Pflanzenkörpers; alle übrigen Gewebeformen, wie das dünnwandige, saftreiche, lockerliegende, an festen Stoffen aber verarmte Merenchym (z. B. im Fleisch saftiger Beeren) oder das in der Gestalt seiner Zellen parenchymatische, an Inhalt aber gänzlich verarmte, dafür jedoch sehr dickwandige Sclerenchym (der Baustein der Nußschalen) und die langgestreckten, mehr oder weniger spindelförmig zugespitzten, das Holz und den Hartbast bildenden, dickwandigen Prosenchymzellen sind von untergeordneter Bedeutung für den Pflanzenleib. Diese Elemente dienen besonderen Nebenfunktionen, die bei einfachem Bau des pflanzlichen Individuums auch entbehrt werden können, wie wir dies bei Algen und andern, einfacher gebauten, grünen Pflanzen sehen. Die genannten, dickwandigen Zellformen werden hauptsächlich zu Schutz- und Stützvorrichtungen für parenchymatische Gewebekomplexe bei gewissen Gelegenheiten verwendet.

Die hauptsächlichste Arbeitsleistung der grünen Parenchymzelle besteht in der Herstellung neuer Trockensubstanz (Assimilation), von welcher bereits im vorhergehenden die Rede gewesen. Dieser Prozeß vollzieht sich nur unter dem Einfluße des Lichtes; die in die Pflanze eindringende Kohlen-

säure der Luft wird innerhalb der Zelle zerlegt und ein Teil des Sauerstoffs ausgeschieden. Wegen dieses Abreißens und Ausstoßens des Sauerstoffs der Kohlensäure bezeichnet man die Assimilation als Reduktionsprozeß, während der gleichzeitig stattfindende, sehr komplizierte Vorgang der Umwandlung der Pflanzensubstanz in die verschiedenen Stoffgruppen, die Stoffwechselprozesse, unter Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure sich vollziehen, also Oxydationserscheinungen sind. Das Aushauchen von Kohlensäure infolge der Sauerstoffaufnahme (Verbrennung der Substanz) deckt sich mit dem Atmen des Tierkörpers und wird daher auch bei dem Pflanzenkörper als Atmung bezeichnet. Dieser Vorgang vollzieht sich auch im dunklen.

Nicht jedes Parenchym ist Assimilationsgewebe. Wir haben bereits den Markparenchymcylinder kennen gelernt, der nur in seltenen Fällen Chlorophyll führt und andern Zwecken dient. In andern Fällen kommt den Parenchymzellen die Aufgabe zu, als Stützgewebe und Festigungseinrichtung zu wirken. Es verdicken sich dann die Wandungen an den Ecken, wo eine Zelle mit der benachbarten zusammenstößt, sehr stark, wogegen der Chlorophyllkörper oftmals schwach oder gar nicht zur Entwicklung kommt. Das Gewebe führt dann einen besonderen Namen: Collenchym.

Die Größe der Assimilationsarbeit hängt von der Menge der Chlorophyllkörper in einer Zelle ab: denn sie sind es speziell, welche die Arbeitsleistung des Lichtes verwerten und die Assimilation betreiben. Diese präsentieren sich bei unsern phanerogamen Pflanzen stets in der Form von Körnern; bei manchen Algen erscheinen sie in Form von Platten, Bändern, gelappten Scheiben u. s. w. Die Körnerform erweist sich aber in Rücksicht auf die Arbeitsleistung als die praktischste, da sie bei der kleinsten Masse die größte Oberfläche bietet. Dadurch wird auf kleinstem Raume möglichst viel Licht gefangen und „Licht ist Leben". Das Bestreben nach größter Ausnutzung des Lichtes, das bei den meisten Organismen sich geltend macht, dokumentiert sich bei den Pflanzen auch noch in der Erscheinung des positiven Heliotropismus d. h. der Fähigkeit, die Organe derart zur Lichtquelle zu stellen, daß die Strahlen möglichst günstig aufgefangen werden. Das einzelne Chlorophyllkorn besteht aus einem protoplasmatischen, wie ein Waschschwamm gebauten Grundgerüst, das an und für sich farblos ist, und aus dem eigentlichen, etwa öligflüssigen, in Spiritus sich lösenden Chlorophyllfarbstoff, der die Poren des Plasmaschwammes ausfüllt. Manchmal sind nur wenige große Chlorophyllkörner in einer Zelle, meist aber finden sie sich in größerer Anzahl (manchmal über 50) vor

und zwar liegen sie eingebettet in die zähflüssige Protoplasmaauskleidung, welche im Innern jeder Zelle der Wand dicht anliegt und Primordialschlauch heißt. Bei manchen Blattzellen mit großem Innenraum (Zellumen) bemerkt man eine Bewegung des Plasmaleibes, in welchem die Chlorophyllkörner eingebettet sind. Dadurch ist den Körnern die Möglichkeit gegeben, sich innerhalb der einzelnen Zelle nach den Stellen der stärksten Beleuchtung und Luftzufuhr hinzuziehen. Am Tage wandern sie an die Außenflächen der Zellen und an die Ecken, welche an die lufterfüllten Intercellularräume grenzen (Epistrophe), während sie in der Nacht an die Innenwandungen, die an andere Zellen anstoßen, sich anlagern (Apostrophe).

§ 20. — Wie sind die Hauptarbeitsorgane im Blattkörper geschützt?

Wenn wir sehen, daß ohne Chlorophyllkörper eine Zelle keine neue organische Substanz bilden kann, so müssen wir aussprechen, daß das allerwichtigste und unentbehrlichste Arbeitsorgan der Pflanzenwelt das Chlorophyllkorn ist.

Mit voller Berechtigung dürfen wir den Satz aussprechen „ohne Chlorophyll kein organisches Leben." Thatsächlich hängt die Existenz des tierischen Organismus von dem Vorhandensein der Pflanzenwelt ab; denn die Fleischfresser ernähren sich schließlich von Pflanzenfressern und die Bildung der Pflanzensubstanz beruht eben auf der Arbeit des Chlorophyllkorns. Der Einwurf, daß wir in den Pilzen eine große Klasse von Gewächsen sehen, die nicht selten eine ganz namhafte Massenproduktion zeigen und doch kein Chlorophyll besitzen, ist nicht stichhaltig. Die Pilze können nur von organischer Substanz leben; entweder gehört die Nährsubstanz für einen Pilz noch dem lebendigen Organismus an und dann haben wir es mit echten Parasiten zu thun oder es genügt eine, aus dem Verbande des Lebens bereits herausgetretene, auf dem Wege zur Auflösung befindliche Substanz (Saprophyten); immerhin ist das Material noch in Form organisierter Moleküle vorhanden, die ehemals das Arbeitsprodukt eines Chlorophyllkorns gewesen sind.

Nach dieser Darlegung wird es uns nicht mehr überraschen, daß die Natur ihre Hauptarbeitswerkzeuge derartig anordnet, daß sie auf kleinstem Raume den möglichst größten Nutzeffekt erzielt. Derselbe wird erreicht durch Befolgung des Prinzips der möglichst vollkommenen Oberflächenvergrößerung bei dem Aufbau der Arbeitsorgane.

Schon bei der Gestalt der Chlorophyllkörner tritt uns dies Bauprinzip entgegen, da wir das Bestreben wahrnehmen, die assimilierende Substanz in viele kleine Kugeln zu zerlegen. Jetzt sehen wir außerdem die grünen

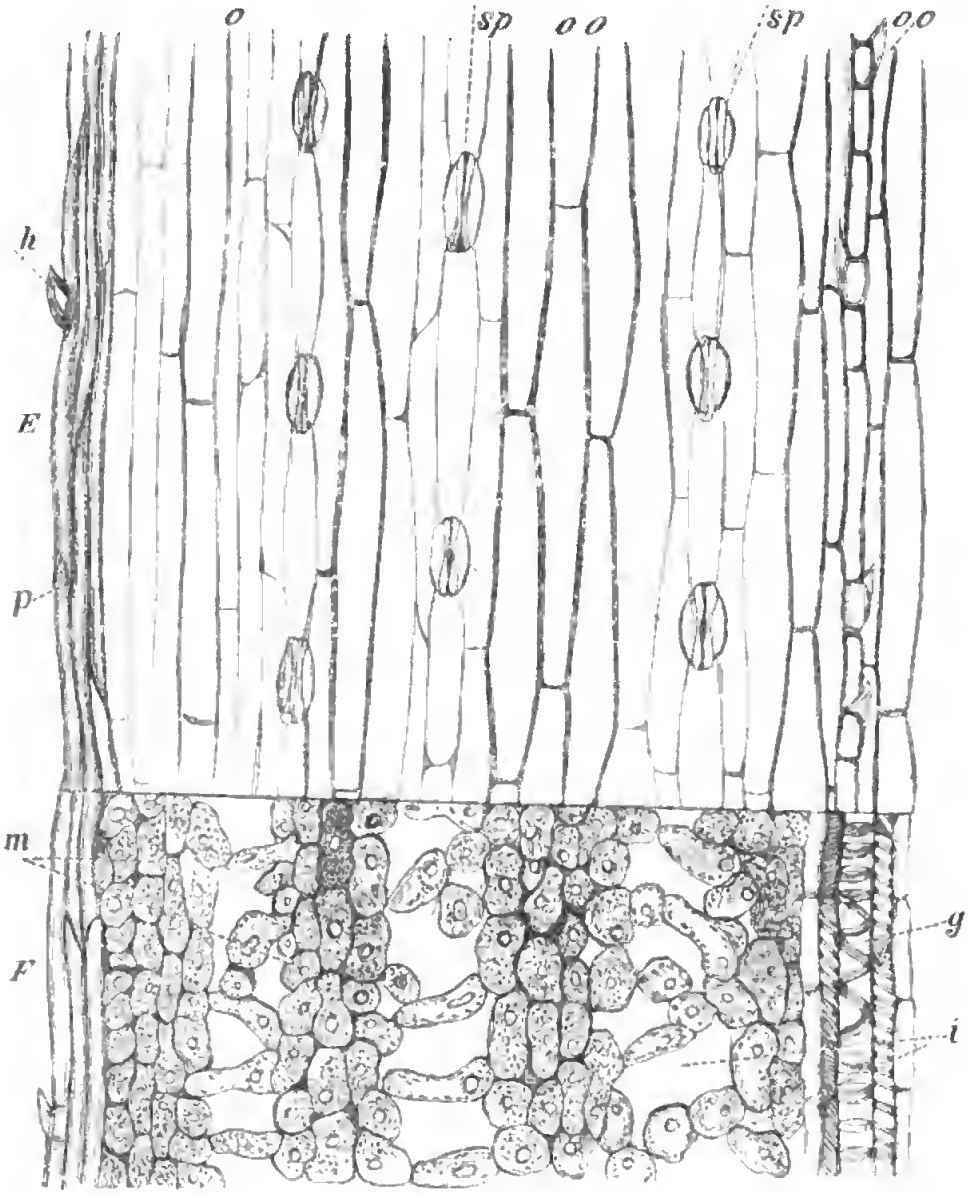

Fig. 15.

Flächenansicht und Querschnitt eines Gerstenblattstückchens.

E mit Oberhaut bedeckter Teil; F von der Oberhaut entblößtes Blattfleisch; o langgestreckte, dünnwandige Epidermiszellen über den Mesophyllstreifen, welche zwischen zwei Nerven liegen; oo derbwandige Epidermiszellen, unter welchen Gefäßbündelstränge g laufen; sp. Spaltöffnungen über dem durch große Intercellularräume i gelockerten Blattfleisch; m Mesophyll- oder Blattfleischzellen, h borstenförmiges, kurzes, dickes Haar am Blattrande; p prosenchymatischer Zellstrang am Blattrand, der dadurch gefestigt wird.

Zellkammern derart vereinigt, daß sie dünne, breite Flächen, die Blattspreiten darstellen.

An diesen bemerkt man zunächst eine Einrichtung zum Schutze der zarten assimilierenden Gewebe, (Fig. 15), indem das eigentliche grüne Blattfleisch (Mesophyll) (Fig. 15 m) beiderseits mit einer Zellenlage bekleidet ist, die sich oftmals in Form eines farblosen Häutchens abziehen läßt. Diese schützende Oberhaut (Epidermis) (E) besteht aus tafelförmigen, seitlich ohne Zwischenräume aneinandergefügten, an der Außenseite dickwandigen, meist keine festen Inhaltsstoffe zeigenden Zellen (o u. oo). Die der Luft ausgesetzten Außenwandungen der Oberhautzellen sind mit einer in zusammenhängender Schicht über das ganze Blatt ausgebreiteten Substanz bekleidet, welche bald den Charakter des Korkes, bald mehr den des Wachses zeigt und die Zellen mehr oder weniger undurchdringbar für Gase und Flüssigkeiten macht. Dieses Korkhäutchen heißt Cuticula; von dem größeren oder geringeren Fettgehalt der Cutienlarschicht hängt der Grad der Benetzbarkeit der Pflanzenteile ab. Der bläulich weiße Reif, den manche Stengel, Blätter und Früchte zeigen, ist Pflanzenwachs auf und innerhalb der Cuticula.

Absolut aber ist der Abschluß, den die cuticularisierte Oberhaut bildet, nicht. Die Arbeit des grünen Blattfleisches wäre auch dann eine Unmöglichkeit. Die chlorophyllhaltigen Zellen haben doch die Aufgabe der Kohlensäurezersetzung, so lange sie belichtet sind; es müssen mithin Einrichtungen existieren, die einen dauernden Gasaustausch zwischen der Außenwelt und dem Blattinnern ermöglichen. Diese Einrichtungen bestehen in einem mit Schließapparaten versehenen Durchlüftungssystem.

Zwischen den einzelnen Zellen des Blattfleisches sieht man nämlich unregelmäßige, kleine, untereinander in Verbindung stehende Lücken, die Intercellularräume oder Zwischenzellräume (i), die mit Luft erfüllt sind. Es kann somit jede grüne Blattzelle von den Zwischenzellräumen aus Gase aufnehmen und solche auch dorthin abgeben. Die durch den Gasaustausch veränderte Binnenluft sammelt sich in größeren, höhlenartigen Intercellularräumen, den Atemhöhlen, welche unmittelbar unter der Oberhaut liegen und über welchen die Oberhaut durchbrochen ist. Die Durchbruchsstellen führen den Namen „Spaltöffnungen" (stomata, Sp). Sie kommen dadurch zu stande, daß je zwei, für diesen Zweck besonders vorgebildete, halbmondförmig gestaltete Epidermiszellen (Fig. 16 Sp, sch) auseinander weichen. Dadurch, daß diese halbmondförmigen Zellen mit ihren Hohlseiten, also den konkaven Krümmungen gegeneinander gerichtet sind, können sie sich nur

mit ihren Spitzen berühren und müssen zwischen sich einen Hohlraum, den Spaltöffnungskanal (Sp. c) frei lassen. Sind die halbmondförmigen Zellen recht schlaff und werden sie von den übrigen Oberhautzellen der Umgebung in die Länge gezogen, dann kann sich die Krümmung fast ausgleichen, die Spalte sich schließen und der Spaltöffnungsapparat sieht dann von oben betrachtet aus, wie die Flachseite einer Kaffeebohne (Sp). Ist dagegen sehr viel Wasser in den halbmondförmigen oder „Schließzellen", dann

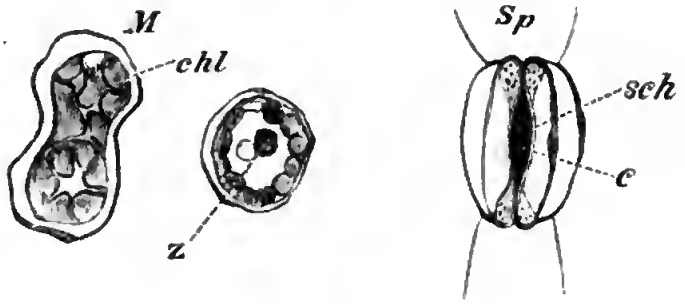

Fig. 16.

Mesophyllzellen und Spaltöffnung vom Gerstenblatt.

Sp eine Spaltöffnung; sch Schließzellen; c Spaltöffnungskanal, der nach dem Blattinnern führt und sich bis zur querovalen Form erweitern kann; M Zellen des Blattfleisches aus der nächsten Umgebung eines Gefäßbündelstranges der jungen Blattspitze entnommen; z Zellkern; chl Chlorophyllkörner.

wird ihre Krümmung sehr stark und der Strich (c) in der kaffeebohnenähnlichen Figur erweitert sich zu einem querovalen Kanal. Durch diesen Kanal kann eine verhältnismäßig große Luftmenge in die Atemhöhle gelangen und ebensoviel aus derselben heraustreten.

Bedenkt man nun, daß z. B. ein Apfelblatt mehr als 200 solcher Durchgangskanäle auf einem Quadratmillimeter Fläche besitzt, so wird man sich wohl einen Begriff von der Leichtigkeit des Luftaustausches zwischen dem Blattinnern und der Außenwelt machen können.

Noch deutlicher wird uns der Blattbau bei Betrachtung eines Querschnittes. (Fig. 17.) Wir wählen dazu das Blatt eines Gummibaumes, der an einer, bei Zimmerkultur häufig auftretenden Krankheit, der Knotensucht (intumescentia), leidet. Die Krankheit besteht darin, daß auf der Blattunterseite zahlreiche, sehr kleine, drüsige oder knötchenartige Auftreibungen entstehen. Dieselben werden durch schlauchförmige Streckungen (int.) von Zellen des Blattfleisches hervorgerufen, welche im normalen Zustande Gestalt und Gefüge,

wie bei m besitzen, also durch mehr oder weniger große Intercellularräume (i) gelockert sind. Das krankhaft überverlängerte Gewebe (int.) der Blattunterseite nähert sich somit dem normalen, aus Palliſadenparenchym (p) gebildeten Blattfleiſch der Oberſeite, die mit einer dreifachen Epidermis (e) bedeckt iſt. Von dieſen 3 Schichten iſt die äußerſte ſehr kleinzellig, dafür

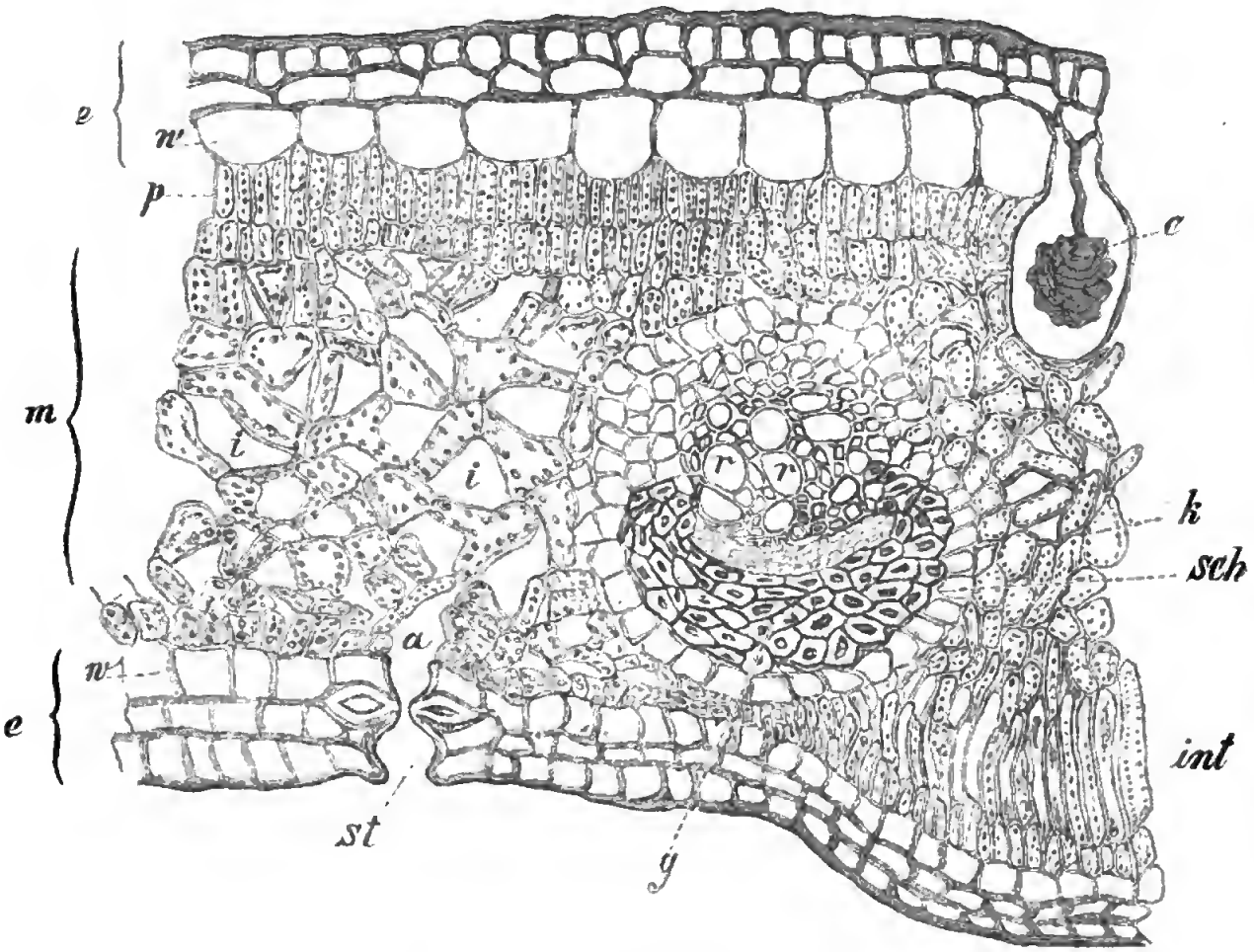

Fig. 17.

Querſchnitt durch ein infolge von Waſſerüberſchuß erkranktes Blatt von Ficus elastica.

(Erklärung der Buchſtaben im Text.)

aber mit einer ſehr dicken, wachshaltigen Außenlage (Cuticularſchicht) bekleidet. Die innerſte Lage der Oberhaut zeigt dünnwandigere, verhältnismäßig ſehr weite Zellen (w) welche wir als waſſerſpeichernde Schutzſchicht anſehen können. Einzelne, ſackartig ausgeweitete Zellen dieſer Schicht bergen eigentümliche, traubenförmige, mit Kalk inkruſtierte Zellſtoffgebilde (c) (Cyſtolithen),

deren Bedeutung für den Haushalt des Blattes noch nicht erkannt ist. Derartige Zellwandwucherungen sind bisher nur in einzelnen Pflanzenfamilien aufgefunden worden (Urticaceae-Ficoideae, Acanthaceae, Cucurbitaceae).

Der feste Abschluß der Blattoberseite ist ungünstig für den Durchlüftungsprozeß, für welchen speziell die Blattunterseite die fördernden Einrichtungen zeigt. Hier sehen wir die großen Luftlücken im Blattfleisch, das seines lockereren Baues wegen eben den Namen Schwammparenchym erhalten hat. Die in den Zwischenzellräumen (i) befindliche Binnenluft kommuniziert mit der Luft der Atemhöhle a, welche durch den Spaltöffnungskanal st nach außen tritt und dafür frische Außenluft in das Blattinnere einziehen läßt.

Die Wasserzuleitung erfolgt durch die Nerven, von denen wir in g einen feinen Ast durchschnitten sehen. In r finden wir die bereits vielfach besprochenen Holzgefäße, welche das eigentliche Wasserversorgungssystem darstellen. Der Weg für die im Blatte erzeugten, überschüssigen und daher nach dem Stamm hin abfließenden, organisierten Baustoffe ist in sch, der Gefäßbündelscheide angedeutet. k zeigt die Stelle an, bei der die Zellen durch überreichen Wassergehalt sich abnorm abzurunden beginnen, die Intercellularräume ausfüllen, und das noch stärker irritierte Gewebe (int.) hervorwölben helfen.

Eine ähnliche Zusammensetzung wie das Ficusblatt, zeigen die meisten Blätter unserer Kulturgewächse; bei sehr vielen, namentlich krautartigen Pflanzen, finden sich die wichtigen Spaltöffnungen auch auf der Blattoberseite.

Der Spaltöffnungsapparat wird unsere Bewunderung in noch höherem Grade erregen, wenn wir die oben erwähnte Thatsache in Erwägung ziehen, daß die auf der Innenseite mit Verdickungsleisten versehenen Schließzellen sich bei größerer Straffheit stärker krümmen und somit die Spalte vergrößern. Sie werden aber nur dann straffer (turgescenter) wenn das ganze Gewebe wasserreicher wird, die Wurzel also viel Wasser hinaufpumpt und die Gefahr nahe liegt, daß Wasserüberschuß in den Blättern sich einstellen könnte. In solchen Fällen hilft sich die Pflanze von selbst durch Erweiterung der den Wasserdampf herauslassenden Kanäle. Im Gegensatz hierzu wird bei großer Trockenheit das Blattinnere vor übergroßer Verdunstung dadurch geschützt, daß die Schließzellen wasserärmer, schlaffer werden und dann die Spalte zwischen sich schließen. So regelt die Pflanze ihre Transpiration (Wasserdampfabgabe) je nach Bedürfnis von selbst.

Bei vielen Pflanzen ist die Ausbildung dieser Sicherheitsventile noch weiter fortgeschritten. Man findet nämlich an Blattspitzen und Blattzähnen

einzelne oder gruppenweis zusammenstehende, sehr große Spaltöffnungen, deren Schließzellen unbeweglich sind oder bisweilen ganz zerstört werden. Diese liegen über einem besonders ausgebildeten, sehr zartwandigen, bis direkt an die Oberhaut reichenden, chlorophyllosen Parenchymgewebe (Epithem) in welches die letzten, oft pinselartig auseinandergehenden Gefäßzellen (Tracheïden) der das Blatt durchziehenden Gefäßbündel münden. Wenn nun eine Pflanze in ihrem Gewebe Wasserüberschuß hat, so scheidet sie an diesen Stellen tropfbarflüssiges Wasser aus. Hier sind die Spaltöffnungsapparate also „Wasserporen".

Hiermit erklärt sich die, jedem Gärtner bekannte Erscheinung, daß nach kühlen Nächten manche Pflanzen (Primula sinensis, Calla aethiopica u. a.) an ihren Blattzähnen oder Blattspitzen ganz regelmäßig mit Tröpfchen besetzt sind, die sich in kurzer Zeit ergänzen, wenn man sie entfernt.

Wie die Blätter, so sind auch die grünen, krautartigen Stengelteile mit einer spaltöffnungsreichen Epidermis überzogen, so daß das Rindengewebe ebenso günstige Durchlüftungsverhältnisse besitzt. Wenn der Achsenteil älter wird und an Stelle der einfachen Oberhaut eine widerstandsfähige Korklage tritt, so entstehen unterhalb der Spaltöffnungen zusammengesetztere Durchlüftungsapparate: die bereits erwähnten Rindenporen oder Lenticellen.

Die Schilderung des Hautsystems des Pflanzenkörpers wäre aber unvollständig, wenn wir nur des Durchlüftungsapparates gedenken wollten und die Anhangsgebilde (Trichome) unbeachtet ließen. Wir verstehen darunter in erster Linie die Haare, die in ihrer einfachsten Form als kegelförmige Ausstülpungen einzelner Oberhautzellen aufzufassen sind, wie wir solche bei der Wurzel kennen gelernt haben. So wie in den ersten Jugendstadien eines Organs, wo das Gewebe aus dem Zustande des Meristems heraustritt, um in Dauergewebe überzugehen, einzelne Zellen der jungen Oberhaut klein aber plasmareich bleiben und sich teilen, um die Spaltöffnungszellen herzustellen, während die benachbarten sich tafelförmig ausdehnen und die typischen Epidermiszellen bilden, so behalten einzelne der nicht zu Spaltöffnungen werdenden Zellen auch die Fähigkeit, kegelförmig in die Höhe zu wachsen, sich zu teilen und zu verästeln und den Haarkörper auf diese Weise darzustellen.

Manchmal erkennt man gewisse Beziehungen zwischen Haaren und Spaltöffnungen insofern als (z. B. an manchen Blumenblättern) die Haarausbildung da zunimmt, wo die Luftporenbildung aufhört.

Bei der Bildung der Haarbekleidung verfolgt die Pflanze wieder das Prinzip der Oberflächenvergrößerung. So lange die Membran dieser

Gebilde noch zart und nicht cuticularisiert ist, wird sie fähig sein, Wasser und Gase in das Innere des Pflanzenleibes ein- und aus demselben heraustreten zu lassen, also Transpirationszwecken zu dienen. Später, wenn die Trichome ausgewachsen und die einzelnen Gebilde sich zu festen, cuticularisierten Sternhaaren, Drüsenhaaren oder langen Wollhaaren u. dgl. ausgestaltet haben, wird ihre Wirksamkeit eine andere. Sie stellen dann einen Überzug des Organs vor, der zwischen den einzelnen Elementen eine Luftschicht bindet und zwar ungemein fest bindet. Die Luft ist aus einem Haarfilz außerordentlich schwer herauszutreiben und bildet daher einen sehr wesentlichen Schutz gegen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen.

Die Kälte wird auf ein filzig behaartes Blatt viel langsamer einwirken und der Regen gar nicht im stande sein, die Luft zwischen den einzelnen Haargebilden herauszutreiben. Den Hauptschutz wird aber ein solcher Überzug dem Organ dadurch gewähren, daß er die starke Verdunstung verhindert. Der Wind, der über ein saftiges, kahles, dünnwandiges Blatt hinstreicht, reißt große Mengen von Wasserdampf mit sich fort, während er die Luftschicht zwischen den Haaren kaum in Bewegung zu setzen vermag. Nun hängt die Transpirationsgröße allerdings nicht blos von der Trockenheit und Bewegung der Luft, sondern auch von der Stärke der Beleuchtung ab. Je intensiver das Sonnenlicht, desto stärker die Verdunstung. Aber auch in diesem Falle wirkt der Haarüberzug als Schutzmantel; denn er läßt viel weniger Licht in das Blattinnere, an das Assimilationssystem gelangen.

Jetzt erklärt sich auch der Umstand, daß Wüstenpflanzen und die Gewächse sandiger oder felsiger, besonnter Standorte sehr häufig einen starken Haarüberzug besitzen.

Für die gärtnerische Kultur werden wir daraus die Regel abzuleiten haben, daß Pflanzen mit dünnen, stark *behaarten Blättern durchschnittlich lichtbedürftig sind, aber geringe Wasseransprüche* im allgemeinen machen. Wir kommen bei dem Gießen noch auf diesen Punkt zurück.

§ 21. — Wie sind die Hauptarbeitszellen innerhalb des Blattkörpers angeordnet?

Im vorhergehenden haben wir festgestellt: der Hauptbaustein ist die chlorophyllhaltige Zelle; ihre Arbeit ist die Assimilation. Diese Zellen sind derartig zu Organen angeordnet, daß eine möglichst große Arbeitsleistung von den Chlorophyllkörnern vollbracht werden kann, indem das Prinzip der

Oberflächenvergrößerung bei dem Bau im weitesten Sinne zur Anwendung gelangt. Die assimilierende Fläche ist durch ein höchst sinnreich ausgebildetes Hautsystem geschützt.

Jetzt kommen wir dazu, die Lage der einzelnen assimilierenden Zellen des Blattfleisches selbst zu prüfen und diese Prüfung wird uns zu dem Ergebnis führen, daß wir auch hier wieder ein sehr zweckmäßiges Ineinandergreifen verschiedener Einzelvorrichtungen, also ein System, vor uns haben.

Die meisten Blätter sind horizontal ausgebreitet, so daß sich eine zenithwärts stehende Oberseite von einer erdwärts gerichteten, in ihrem Aussehen meist abweichenden Unterseite unterscheiden läßt. Letztere ist gewöhnlich in ihrer Färbung matter, was daher kommt, daß die grünen Zellen des Blattfleisches auf dieser Seite viel lockerer liegen, ärmer an Chlorophyll bleiben und daß die großen Intercellularräume zwischen ihnen mit Luft erfüllt sind. Die unterhalb der Epidermis der Oberseite dagegen liegenden, assimilierenden Zellen stehen dicht gedrängt, wie nebeneinander eingerammte Pfähle mit ihren Schmalseiten nach oben gerichtet, also senkrecht zur Längsausdehnung des Blattes und heißen ihrer Gestalt und Anordnung wegen: das Palisadenparenchym. Das lockere, sehr oft horizontal gestreckte Blattfleisch der Unterseite führt den Namen: Schwammparenchym. Die Palisadenzellen leisten wegen der größeren Anzahl von Chlorophyllkörnern und dadurch, daß der Sonnenstrahl die schmale Zelle der ganzen Länge nach durcheilt und alle einzelnen Körner berührt, den hauptsächlichsten Teil der Assimilationsarbeit und gleichzeitig haben sie den Vorteil, nur ihr schmales Kopfende der heißen Sommersonne zuzuwenden und sich vor Lichtüberschuß dadurch zu schützen.

Das Produkt ihrer Arbeit ist bereits kurze Zeit nach Beginn der Lichtwirkung kenntlich, indem bei den meisten Pflanzen innerhalb des Chlorophyllkorns Stärke entsteht. Bei einigen Pflanzenfamilien (z. B. den Kompositen) entsteht an Stelle der Stärke ein ebenfalls nur aus Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff gebildeter, flüssiger Körper, das Inulin. Dasselbe schießt bei Anwendung von wasserentziehenden Mitteln in kugeligen, festen Gebilden, den sog. Sphärokrystallen an den Zellwänden an. Außerdem zeigen die Reaktionen auch das Auftreten neuer Eiweißstoffe im Chlorophyllkorn, so daß also beide Hauptgruppen der organischen Baustoffe vertreten sind.

Wenn die Palisadenzelle das neu erzeugte, organische Baumaterial nicht selbst verwenden kann, so läßt sie dasselbe bei Dunkelheit in der Form von Zucker und andern flüssigen Stoffen durch ihre Membran nach

unten austreten. Entweder nehmen nun die anstoßenden Zellen des Schwammparenchyms die Stoffe auf und leiten sie nach der Blattbasis hin oder das Material wandert direkt in die eine besondere Scheide bildenden Parenchymzellen der Gefäßbündel. Diese Gefäßbündelscheiden (s. Fig. 17 sch), die je nach ihrem hauptsächlichsten Inhalt bald Zuckerscheiden, bald Stärkescheiden heißen, bilden das eigentliche Strombett für die Assimilate, welche schnell auf diese Weise in die Achsenorgane gelangen.

§ 22. — Wie entwickelt sich das Blatt?

Wenn wir die äußerste, jüngste Stengelspitze untersuchen, so finden wir dieselbe aus nahezu ganz gleichartigen, äußerst zartwandigen, ohne Zwischenzellräume aneinandergefügten, plasmaerfüllten, nach allen Richtungen hin ziemlich gleichen Durchmesser zeigenden Zellen, dem Urmeristem, zusammengesetzt. Aber schon in geringer Entfernung vom Stammscheitel beginnt das Stengelgewebe sich zu differenzieren, indem die äußersten Zellen sich tafelförmig zu strecken anfangen und die Anlage für das Hautsystem (die Epidermis mit ihren Anhangsorganen) darstellen. Im Innern des Gewebekegels treten gleichzeitig eine Anzahl von Längsstreifen auf, deren Zellen sich fortgesetzt durch Längswände teilen und auf diese Weise Längsstränge aus engen, cylindrischen Elementen bilden. Diese in Teilung verbleibenden Zellenstränge sind die ersten Anlagen der Gefäßbündel, die bei Monokotylen zerstreut, bei den Dikotylen kreisförmig angeordnet sind und den späteren Holzcylinder bilden. Alles, was von dem Urmeristem nicht zu Hautgewebe und zu Stranggewebe umgebildet wird, nimmt parenchymatischen Charakter an und entwickelt sich außerhalb des Strangcylinders zu Rinde, innerhalb desselben zu Mark.

In dieser Periode der ersten Differenzierung einer Stengelspitze bemerkt man an gewissen Punkten derselben in einzelnen Zellen, die später zu Rindenparenchym sich auswachsen und meist nahe der Oberfläche liegen, eine erneute Zellteilung. Die neuentstandenen Zellen strecken sich senkrecht zur Stengelachse und wölben sich daher als kleine Höcker hervor.

Die jungen Oberhautzellen der zarten Stengelspitze, die diese Höcker bedecken, vermehren sich nun ebenfalls, um als dauernde Schutzschicht weiter wirksam zu bleiben. Im Innern zeigt sich dieselbe Differenzierung, indem bei dem schnell größer werdenden Höcker einzelne Zellstränge zu Gefäßbündelanlagen werden.

Dieser sich hervorwölbende Zellhügel ist das erste Anfangsstadium

eines Blattes, das also thatsächlich seine Entstehung in dem jüngsten Rindengewebe nimmt und daher mit vollem Recht als eine Rindenausbreitung angesprochen werden darf.

Der junge Blattkegel hört meistenteils bald auf, an seiner Spitze fortzuwachsen und verlegt seine Wachstumszone an seine Basis. Die Spitze bildet daher den ältesten Teil eines Blattes; nur bei den Wedeln der Farnkräuter bleibt das Wachstum in der Gipfelregion und setzt sich bisweilen mehrere Jahre hindurch fort (z. B. bei Gleichenia). Wird ein Blatt gefiedert, so sieht man, von der Basis nach der Spitze fortschreitend, seitliche Höcker am jungen Blattkörper aussprossen.

Die weitere Ausbildung des Blattkörpers ist nun nach Spezies und Standort verschieden und nur das eine Bauprinzip kommt noch bei fast allen Blättern gemeinsam zur Geltung, daß die Vermehrung und Anordnung der Zellen darauf hinausläuft, das Assimilationsgewebe in möglichst großen Flächen auszubreiten.

Hat das Assimilationsgewebe große Gefahren durch Trockenheit und Lichtüberschuß zu bestehen, dann schützt es die Natur entweder durch einen außerordentlich dichten Wollfilz, wie z. B. bei den Helichrysen vom Kap oder durch eine ungemein starke Verdickung und Wachsglasur der Epidermiszellen (Agave americana) oder durch Verdoppelung der Epidermislagen und Beigabe einer wasserspeichernden Schicht, (Ficus elastica) oder durch Zusammenziehung des Gewebes zur Nadelform oder Myrthenblattform (Melaleuca, Metrosideros) oder durch senkrechte Stellung der Blätter und Ausbildung von Palisadenparenchym auf beiden Blattseiten, so daß das Sonnenlicht nur kleine Flächen trifft (manche Eucalyptus). Die Natur beschränkt auch dann den Spaltöffnungsapparat nach Bedürfnis. Bei vielen flachstehenden, derben Blättern ist die glänzende Oberseite ohne Spaltöffnungen, bei andern stehen sie in geschützten Gruben. Schwimmblätter (Nymphaea) haben sie nur auf der Oberseite; Luftblätter von Pflanzen, die stets viel Wasser durch die Wurzeln empfangen, entwickeln ihre Schließzellen größer u. s. w.

Wie sich nun auch immer das Assimilationsgewebe im jungen Blatt formen und anordnen mag, so benutzt es doch stets die ersten Sonnenblicke, um sein eigentliches Werkzeug, das Chlorophyllkorn auszubilden. Die Anlagen dazu sind schon im Plasma der eben entstandenen neuen Zelle von der Mutterzelle aus mit hinübergenommen in Form von Plasmaballen,*)

*) Trophoplasten.

die nun anfangen, den Chlorophyllfarbstoff auszubilden und dadurch das junge Organ ergrünen machen.

Die fertigen Blattgrünkörner wachsen und werden bisquitförmig; in der Einschnürungsstelle des Bisquits zeigt sich eine farblose Querzone, in der das Korn sich teilt, also vermehrt. So erhält das Blatt jenes satte, kräftige Grün, durch welches es sich als ausgewachsenes Organ charakterisiert. Dabei haben die Zellen ihre normale Größe erreicht und die Zwischenzellräume sind aufgetreten. Selbst diese sind ihrer Verteilung nach nicht belanglos für die Ökonomie des Blattes. Bei dem Palisadenparenchym treten die Räume zwischen den einzelnen Längswandungen auf folglich kann das neugebildete Baumaterial nicht seitlich von einer Palisadenzelle zur andern treten, sondern muß an der unteren Schmalseite in das Schwammparenchym oder in die Stärkescheide der Gefäßbündel direkt abfließen.

§ 23. — Was produziert hauptsächlich ein Blatt?

Das durch die Lichtarbeit im Chlorophyllkorn zunächst sich entwickelnde Assimilationsprodukt ist in der Mehrzahl der Fälle das Stärkekorn, das der Hauptrepräsentant der sog. Kohlenhydrate ist. Diese Stoffgruppe, zu welcher Zucker, Cellulose (die Substanz der Zellmembranen), Inulin, Dextrin und Gummiarten gehören, zeichnet sich dadurch aus, daß sie aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, wobei die letztgenannten beiden Elemente in demselben Mengenverhältnis zueinander auftreten, in denen sie zur Bildung von Wasser sich vereinigen. Die Stärke, welche in eigentümlich geschichteten, durch Jod sich blau (unter Umständen rotbraun) färbenden Körnchen auftritt, ist gleichsam als das Niederschlagsprodukt der flüssigen Kohlenhydrate zu betrachten, die in Form von Zucker von einer Zelle zur andern wandern. Wenn das Licht auf das Blatt scheint, wird seine Verdunstung ungemein beschleunigt und die einzelnen Zellen werden wasserärmer; jetzt schießt, so können wir uns vorstellen, aus dem eingedickten (konzentrierteren) Zellsaft die Stärkesubstanz heraus und der Zellsaft wird dadurch wieder flüssiger. Die Stärkesubstanz ist in der Regel nicht rein, sondern schon mit einem Umwandlungsprodukt, dem die Schichten darstellenden Amylodextrin gemischt. Je mehr von letzterer Substanz im Stärkekorn vorhanden, desto röter wird seine Farbe mit Jod. Wenn die Dunkelheit eintritt, kommen die Fermente (Enzyme) zu erhöhter Thätigkeit und verwandeln die Stärkesubstanz in Dextrin und

dieſes zurück in Zucker, der nun von Zelle zu Zelle durch die Membran diffundiert, vom Blatt in den Stengel gelangt und dort, in Stärke zurückverwandelt, als Reſerveſtoff für künftige Zeiten liegen bleibt. In manchen Pflanzen iſt die Stärke durch fettes Öl vertreten. Unter Fermenten verſteht man Stoffe, die wahrſcheinlich meiſt ſtickſtoffhaltig und eiweißähnlich ſind und die Fähigkeit beſitzen, die Zerlegung anderer Körper anzuregen; das häufigſte der (chemiſch noch kaum gekannten) Fermente für die Zerſetzung der Stärke iſt die Diaſtaſe, welche in den Samen, Knollen und Stämmen beim Erwachen der Vegetation die obenerwähnte Zuckerbildung einleitet. Der Zucker ſelbſt erleidet in gewiſſen Fällen durch ein anderes, von Pilzen (z. B. der Hefe) gebildetes Ferment, das Invertin, weitere Veränderungen. Der kryſtalliſierbare aber nicht gärungsfähige Rohrzucker (Sacharoſe), der im Zuckerrohr und den Runkelrüben vorkommt, wird durch das Invertin (und auch durch Säuren) in den gärungsfähigen Traubenzucker (Dextroſe, Glycoſe) und den Fruchtzucker (Laevuloſe) umgewandelt. Ein Gemiſch der beiden letztgenannten Stoffe (Invertzucker) iſt ungemein häufig in den Pflanzen zu finden. Die Löſung der Fleiſchſubſtanzen bei den ſog. fleiſchfreſſenden Pflanzen erfolgt durch ein „Pepſin“ genanntes, in Verbindung mit Säuren (Ameiſenſäure, Zitronenſäure ꝛc.) wirkſames Ferment. Ob dieſes Pflanzenpepſin ganz identiſch mit dem in Verbindung mit Salzſäure im Magen arbeitenden Pepſin iſt, bleibt noch näher feſtzuſtellen.

Auch bei der Gummibildung iſt ein Ferment aufgefunden worden. Die Gummiarten treten vielfach als Umwandlungsprodukte der Zellwände auf. Man begegnet hauptſächlich dem Akaziengummi (Arabin) das als Verbindung eines Kohlenhydrates, der Arabinſäure mit Kalk angeſehen wird; bei unſerm Steinobſt in allen Teilen gebildet wird das Kirſchgummi (Ceraſin), das man ſich aus dem Kohlenhydrat, Metagummiſäure und Kalk zuſammengeſetzt denkt. Als reines Kohlenhydrat erſcheint das Baſſorin, das Tragantgummi der Arten von Aſtragalus. Bisweilen in Gemeinſchaft mit Gummi und Säuren treten die ebenfalls aus Kohlen-Waſſer- und Sauerſtoff beſtehenden, beim Kochen im Waſſer gelatinierenden Pectinſtoffe auf. Im Johannisbrot, im Tamarindenmus, in unſern Kernobſtfrüchten ſind ſie häufig.

Eine ſehr weit verbreitete Stoffgruppe im Pflanzenreich ſtellen die Glycoſide dar, welche durch Säuren und Fermente in Zucker und einen indifferenten Körper zerlegt werden. Beiſpiele dafür ſind das ſtickſtoffhaltige Amygdalin in den Samen des Stein- und Kernobſtes, die bei dem

Zerkauen den Geschmack nach Bittermandelöl haben; dieses Öl ist neben Blausäure und Zucker ein Spaltungsprodukt des Amygdalins infolge der Einwirkung eines „Emulsin“ genannten Fermentes. Ebenso bekannt im praktischen Leben ist das Senföl; es entsteht in den Samen der Cruciferen aus der schwefelhaltigen Myronsäure, einem Glycoside, das durch ein Ferment (Myrosin) in Schwefelcyanallyl (Senföl), Zucker und schwefelsaures Kali zerspalten wird.

Sehr ausgedehnte Verbreitung im Pflanzenreich, namentlich in den jugendlichen Organen zeigen die chemisch noch wenig präzisierten Gerbstoffe; von einzelnen, wie z. B. von Tannin weiß man, daß sie zu den Glycosiden zu rechnen sind. Verwandt mit ihnen sind gewisse Farbstoffe, die im Zellsaft gelöst oder als isolierte Tropfen in demselben auftreten. Andere Farbstoffe*) sind auch stickstofffrei, in Alkalien und Alkohol löslich, aber unlöslich in Wasser; diese kommen nur in den Wandungen der Zellen vor und nähern sich ihrer Zusammensetzung nach den kohlenstoffreichen, sauerstoffarmen und stickstofflosen Harzen, die in den Knospenschuppen und im Holz der Bäume uns allenthalben entgegentreten. Reine Kohlenwasserstoffe sind größtenteils die ätherischen Öle, die in der Mehrzahl der Fälle den Pflanzenteilen den Geruch verleihen; ein solches ist beispielsweise das Kampferöl, aus welchem durch Oxydation der Kampfer entsteht.

Viel weniger erkannt in ihren Eigenschaften sind die Eiweißkörper (Proteïnsubstanzen) der Pflanzengewebe, weil dieselben viel schwerer von einander zu trennen sind und in zahlreichen Modifikationen und Übergängen auftreten. Man unterscheidet vom chemischen Standpunkte aus, wie bei dem tierischen Eiweiß drei Hauptgruppen: Albumine, Kaseïne und Fibrine. Als Albumin faßt man diejenigen meist im Zellsaft gelösten Eiweißstoffe zusammen, die bei einer Wärme von 60 bis 70 ° C. gerinnen, während die im Wasser etwas löslichen Kaseïne nicht in der Wärme, wohl aber durch Säuren koagulieren, während die Fibrine im Wasser unlöslich, aber z. T. löslich in Alkohol sind. Die einzelnen Glieder dieser Gruppen weichen in ihren Eigenschaften von einander oftmals ab, wie z. B. unter den Kaseïnen das in den Mandeln vorkommende Conglutin sich durch leichtere Löslichkeit von dem in den Hülsenfrüchten vorherrschenden Legumin unterscheidet. Im Kleber des Getreides erscheint das Glutenkaseïn in Gemeinschaft mit dem Glutenfibrin. Ebenso verschieden

*) Phlobaphene.

wie die Löslichkeitsverhältniſſe ſind die Mengen der Zerſetzungsprodukte der Proteïnſubſtanzen. So giebt beiſpielsweiſe das Glutenfibrin bei dem Kochen mit Schwefelſäure wenig Asparaginſäure (ein für die Wanderung und Neubildung der Eiweißkörper ſehr wichtiger Stoff), während die andern Gruppen viel davon liefern. Weitere Zerſetzungsprodukte ſind Leucin, Tyroſin, Glutaminſäure, Ammoniak und flüchtige Fettſäuren. Von letzteren rührt z. T. der äußerſt unangenehme Geruch faulender Eiweißſubſtanzen her. Aber auch die Eiweißſubſtanzen können bisweilen kryſtalliniſch im Zellſaft auftreten; man unterſcheidet ſie dann von den anorganiſchen Kryſtallen unter dem Namen der Proteïnkryſtalle. Solche kommen z. B. in ſchöner Würfelform in den Knollen und den Köpfchenzellen der Drüſenhaare unſerer Kartoffeltriebe vor.

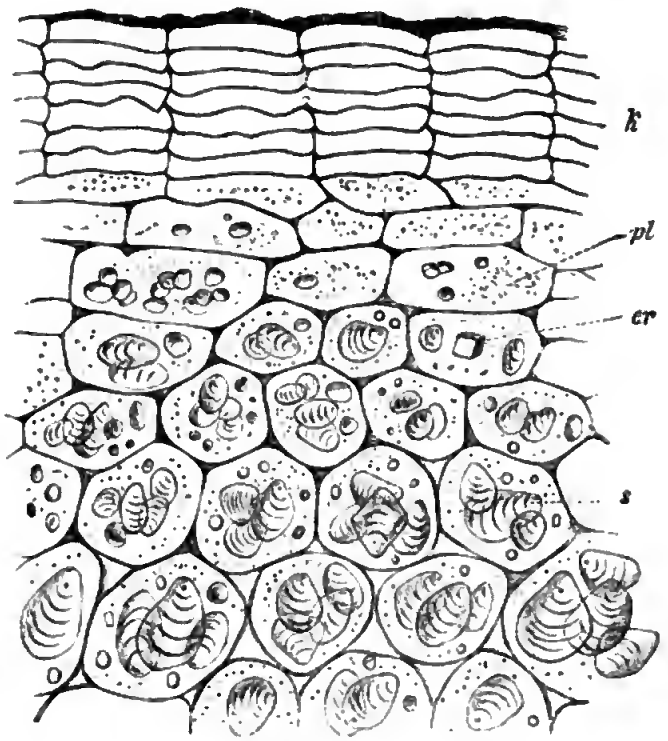

Fig. 18.

Querſchnitt durch die Rinde einer Kartoffelknolle.

k Kork, pl plasmareiche Zelle mit kleinen Stärkekörnchen, cr ein würfelförmiger Proteïnkryſtall, s Stärkekörner. (Nach Tſchirch.)

Am bequemſten zu finden ſind die Proteïnkryſtalle in der Kartoffelknolle, in deren Rinde ſie, namentlich bei weißen Sorten ſehr reichlich vertreten ſind. Man kann ſogar aus der Häufigkeit dieſer Kryſtalle einen Schluß auf den Stärkereichtum der Knollen ziehen, da die Unterſuchungen ergeben haben, daß je mehr Eiweißkryſtalle in der Rinde, deſto ſtärkeärmer verhältnismäßig die Sorte iſt. Fig. 18 giebt uns das Bild eines Querſchnitts durch ein Stückchen Rinde der Kartoffelknolle. Wir erkennen, daß die eigentliche Schale k aus vielen Lagen von Korkzellen aufgebaut iſt und dadurch ihre Zähigkeit und Feſtigkeit erlangt. Unter der Korkſchicht ſind die nächſtliegenden Rinden-

zellen pl am reichsten an Eiweißstoffen und am ärmsten an Stärke; hier begegnen wir den meisten Proteïnkrystallen cr. Weiter nach dem Innern der Knolle hin werden die Gewebezellen immer reichlicher mit Stärkekörnern s angefüllt. Diese Körner besitzen eine eirunde Gestalt und zeigen sehr charakteristisch die eigentümliche Schichtung.

Mehrfach kommen die krystallinischen Eiweißsubstanzen (Krystalloide) auch als Einschlüsse in fest geformten Eiweißkörpern vor. Bei den Samen unserer Phanerogamen nämlich treten diese Stoffe oft in festen Körnern (Proteïnkörnern oder Aleuronkörnern) auf und bilden dann die Reserveform der Eiweißstoffe, die später bei der Keimung gelöst werden. In diesen Aleuronkörnern, die bei manchen Pflanzen (Paeonia, Ricinus) schon in Wasser löslich sind, finden sich sehr verbreitet auch Eiweißverbindungen in kugeliger Gestalt (Globoide) bei denen die organische Substanz mit phosphorsaurem Kalk und Magnesia verbunden ist.

So sehen wir, daß die Eiweißstoffe gerade wie die Kohlenhydrate in Wanderform und Speicherform auftreten.

Durch ihren steten Stickstoffgehalt verdient im Anschluß an die Eiweißkörper die Stoffgruppe der Alkaloide hier eine Erwähnung. Man versteht darunter organische Basen, welche außer Stickstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff meist noch Sauerstoff enthalten und wahrscheinlich stets als Zellinhalt im Protoplasma gebildet werden, später aber bisweilen in den Zellwandungen zu finden sind. Unter den sauerstofffreien, flüchtigen Alkaloiden ist besonders das Trimethylamin zu nennen, welches den Geruch der Häringslake besitzt und im Mutterkorn, einigen Chenopodiaceen u. s. w. sich entwickelt. Zu den sauerstoffhaltigen, nicht flüchtigen aber krystallisierbaren Pflanzenbasen gehören unsere geschätztesten Heilmittel, wie Strychnin, Chinin, Morphin, Atropin, die mit Säuren verbunden in den Pflanzenteilen zu finden sind.

§ 24. — Wie produziert im allgemeinen das Blatt?

Die vorerwähnten Eiweißsubstanzen bilden in verschiedenartigem Gemenge einen Teil der Protoplasmasubstanz, welche die jugendliche (meristematische) Zelle gänzlich ausfüllt (Fig. 19). Bald aber treten in den Zellen des jungen Blattes die in der Masse des Plasma's verteilten, äußerst feinen Flüssigkeitsmengen zu größeren Saftbläschen (Vacuolen) (Fig 20 a) zusammen und geben dem Zellinhalt ein schaumiges Aussehen. In dem Maße, wie nun die junge Zelle während ihrer Streckung das Proto-

plasma verbraucht, vermehren sich die Vacuolen und fließen miteinander zusammen, wobei sie den Zellkern (Nucleus, Cytoblast) (Fig. 20 z) samt dem hautartigen Plasmarest (Primordialschlauch) an die Zellwand drücken. Der Zellkern, der fast in allen lebenden Zellen nachweisbar, mit dem Zellenleben aufs innigste verknüpft ist und namentlich bei der Zellteilung eine hervorragende Rolle spielt, stellt eine tropfenartige, trübe, eiweißhaltige Masse dar, in welcher ein oder mehrere noch stärker lichtbrechende kugelige Körperchen, die wohl als Reservestoffe anzusehenden Kernkörperchen oder Nucleolen sich eingebettet finden (Fig. 20 k).

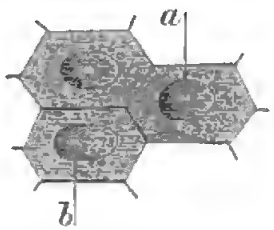

Fig. 19
(wiederh. Abdruck von Fig. 5).
Junge Zellen mit Zellkern.
a Zellkern, b Kernkörperchen.

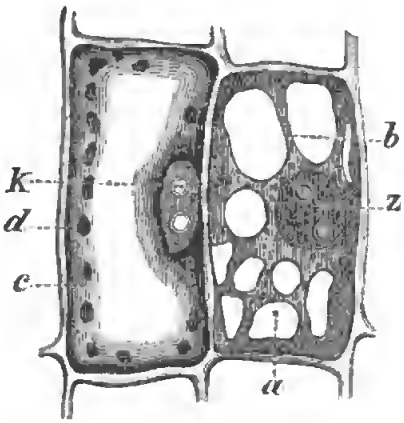

Fig. 20
(wiederholter Abdruck von Fig. 6).
Jugendliche Parenchymzellen.

Bei sehr starker Vergrößerung erkennt man den Zellkern zusammengesetzt aus einem maschenartigen Gerüst oder knäulartig gehäuften Schleifen eines Fadens von festerer Substanz, dem sog. Chromatingerüst, dem Kernfaden und dem die Maschen des Gerüstes ausfüllenden Kernsaft. Letzterer ist eine anfangs trübe, dickliche, später klarer werdende Flüssigkeit, welche bestimmte Farbstoffe weniger reichlich aufnimmt, als der aus Kernplasma (Nucleoplasma, Nucleïn, Chromatin) gebildete Gerüstkörper.

In Fig. 21, 1 sehen wir den Zellkern in einer jugendlichen Spaltöffnungsmutterzelle vor ihrer Teilung; bei 2 erkennen wir deutlicher die Massen des Chromatingerüstes, die in 3 sich als Fadenstücke zu erkennen geben. Diese Kernfadenstücke erscheinen bei 4 in der Mittelebene der Zelle, in welcher später die neue Wand auftreten soll, plattenartig angeordnet und bilden die sog. Kernplatte. Die Substanz der Kernplatte teilt sich in zwei Parallelplatten und die einzelnen Teilchen einer jeden Platte wandern darauf nach je einem Pole der Zelle hin (5), wo sie sich allmählich wieder zu einem Tochterzellkern (6—9) ausbilden.

Die Wanderung der einzelnen Teilchen des ehemaligen Kernfadens behufs Bildung einer Kernplatte und die Rückwanderung der einzelnen

Partien der gespaltenen Kernplatte nach den Polen der Zelle hin erfolgt an faserartigen, in der Zelle aus dem Plasma gebildeten Fäden, den Spindelfasern, die wie Strahlen eines halbgeöffneten Regenschirmes von jedem Pole der Zelle ausstrahlen (4—7). Bei der Entstehung der Spindelfasern ist also die ursprüngliche Hülle des Zellkerns, die Kernwandung, verschwunden und diese Fasern strahlen durch die ganze Zelle; man nennt die so entstandene Figur (4, 5, 6) die Kernspindel.

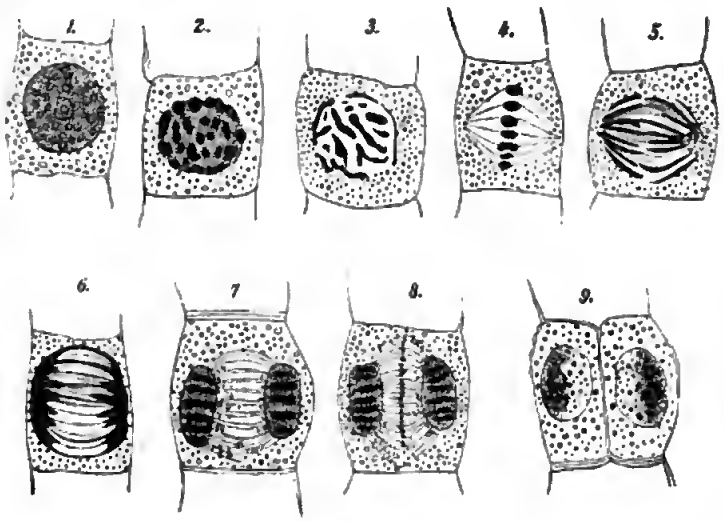

Fig. 21.
Teilungsvorgang im Zellkern einer Spaltöffnungszelle von Iris pumila.
(Nach Haberlandt.)

Da, wo die Kernplatte gewesen, sammeln sich nun äußerst kleine, eiweißartige Körnchen (Mikrosomen) an (Fig. 21, 8); die Enden der Spindelfasern schwellen an und verschmelzen seitlich miteinander zu einer Platte, in der die Mikrosomen liegen, so daß jetzt eine feine Plasmascheibe sich quer durch die Zelle zieht. Diese Scheibe wird unter Auflösung der Mikrosomen zur Cellulosеplatte, also zu einer Querwand in der ursprünglichen Mutterzelle und diese ist nun durch die Scheidewand in zwei Tochterzellen geteilt (9). Die Tochterzellen vergrößern sich, um später ebenfalls sich zu teilen oder bald in Dauergewebe überzugehen.

Durch diesen Vorgang entstehen die Tochterzellen in der Spaltöffnungsmutterzelle und werden zu Schließzellen, indem sie in der Mitte auseinanderweichen. In derselben Weise vermehren sich in der Mehrzahl der Fälle die Zellen, welche das Wachstum der Blätter, der Stengel und Wurzelspitzen veranlassen.

Es hat also jede Tochterzelle von allen Substanzen die Hälfte der Mutterzelle; damit erklärt sich die Wiederkehr der Eigenschaften in den neugebildeten Zellen und daraus kann man auch die Erblichkeit der Eigenschaften von einer Generation auf die nächste erklären. Denn wenn wir eine jede Eigenschaft der Zelle an bestimmte, kleinste Substanzteilchen gebunden uns vorstellen, deren Atome durch eine ganz bestimmte Lagerungs- und Bewegungsform eben diese Eigenschaft darstellen und es geht von jeder Substanz etwas in die neue Zelle über, so haben wir in jeder entstehenden Tochterzelle lauter kleinste Stoffgruppen, von denen jede ihre eigene Bewegungsform der Atome, also eine bestimmte Eigenschaft hat. Die Ernährung besteht dann darin, daß die neu in die Zelle eintretenden Rohbestandteile bald von der einen, bald von einer andern Stoffgruppe in deren spezifische Bewegungsform hineingezogen und dadurch in die gleiche Substanz umgewandelt (assimiliert) werden. So besitzt jede Zelle des Keimlings eines Samens in den unzählbar vielen, mikroskopisch freilich noch lange nicht erkannten Einzelteilchen seines Plasmaleibes ebensoviele Stoffgruppen, die im Samen ruhen, aber bei der Keimung in Bewegung geraten, sich vermehren und damit die Eigenschaften zum Ausdruck bringen, die wir in der Mutterpflanze kennen gelernt haben.

Wenn wir soeben gesagt haben, daß die einzelnen Stoffgruppen im Plasmaleibe einer Zelle mikroskopisch noch nicht erkannt sind, so erleidet dieser Ausspruch in einzelnen Fällen bereits eine Ausnahme. Man bemerkt nämlich stets in den jugendlichen Zellen des Blattfleisches und anderer Gewebe im Protoplasma eingebettet eine Anzahl trüber, tropfenartig-schleimiger oder dichter geballter, plasmatischer Gebilde Trophoplasten*), die berufen sind, in vielen Fällen die wichtigste Rolle im Zellenleben zu spielen. Aus einem Teil dieser Körperchen, den sog. Chloroplasten, werden nämlich durch Entwicklung des grünen Blattfarbstoffs die Chlorophyllkörner, also die Hauptarbeitsorgane der Zelle gebildet; aus andern, den Chromoplasten, entstehen die bunten Farbstoffkörper, die in Blüten und Früchten anzutreffen sind und aus einer dritten Gruppe endlich, den Leucoplasten, können Stärkekörner hervorgehen.

Alle diese Trophoplasten wachsen in der Zelle und vermehren sich durch Teilung. Ein Teil von ihnen wird aus der Mutterzelle immer wieder in die Tochterzellen mit hinübergenommen und wir können also mit Recht be-

*) Dieselben führen auch die Namen: Plastiden, Chromatophoren, Leuciten.

haupten, daß z. B. das Chlorophyllkorn an der Spitze einer mehrere Meter hohen Rieinuspflanze von den Chlorophyllkörpern im Embryo abstammt.

Wenn der Trophoplast sich zum Chlorophyllkorn ausbildet, so bekommt er eine poröse, schwammartige Struktur und in den Höhlungen sammelt sich dann die eigentliche färbende Masse. Diese besteht aus wenigstens zwei Farbstoffen, nämlich dem grünen Chlorophyll und dem gelben Xanthophyll. Das stickstoffhaltige (nach neueren Untersuchungen eisenfreie) Chlorophyll läßt sich aus den Zellen durch Alkohol, Äther, Chloroform, ätherische und fette Öle ausziehen und bildet eine grüne, blutrot schillernde (fluorescierende) Lösung; es zersetzt sich ungemein leicht, auch innerhalb der Pflanze und wird, sobald eine Zelle abstirbt und der saure Zellsaft eindringt, schmutzig braungrün. Es entsteht nämlich dann Säurechlorophyll oder Hypochlorin (Chlorophyllan, Phylloeyaninsäure) und dieses ist die Ursache der mißfarbigen Stellen auf erkrankenden Blättern. Wenn man bei Bereitung grüner Speisen vermeiden will, daß dieselben während des Kochens sich verfärben, so darf man nur etwas kohlensaures Natron beigeben; die Alkalien verhindern nämlich die Bildung des Säurechlorophylls.

Dieses Produkt ist übrigens in jedem frisch bereiteten Auszuge zu finden, so daß man daraus schließen kann, es findet jederzeit in der grünen Zelle Zersetzung und Neubildung von Chlorophyll statt.

Das schwerer lösliche Xanthophyll giebt mit den vorgenannten Mitteln eine gelbe, nicht schillernde Lösung; es ist stickstofffrei und nicht so leicht zersetzbar wie das Chlorophyll. Es tritt in der Zelle früher als der grüne Farbstoff und bleibt im Herbst auch länger erhalten. Daher die Gelbfärbung der Blätter im Herbst und die anfangs gelbe bis gelbgrüne Färbung der Triebe im Frühjahr.

Sobald das Chlorophyllkorn fertig ist, beginnt es seine assimilatorische Arbeit, deren Produkt meist in der Form von Stärke (Assimilationsstärke), seltener als Tropfen fetten Öles (viele Monocotylen) auftritt. Sicher sind noch mancherlei andere Stoffe im Chlorophyllkorn zu finden (beobachtet sind in einzelnen Fällen bereits Proteïnkrystalloide und Gerbstoffkugeln), aber der mikrochemische Nachweis der anderen Substanzen ist noch nicht gelungen. Im allgemeinen aber finden wir bei der gesamten Stoffproduktion der grünen Zelle, daß ihre ersten Assimilationsprodukte sehr sauerstoffarm sind und daß die späteren Stoffumwandlungen immer sauerstoffreichere Verbindungen darstellen, bis schließlich Oxalsäure und endlich wieder Kohlensäure entsteht, die da entweicht.

So sehen wir denn im Leben des Blattes einen wunderbaren Kreislauf. Das Blatt bildet sich unter dem Einfluß des Lichtes sein Haupternährungsorgan aus und beginnt seine Thätigkeit mit der Herstellung sauerstoffarmer Assimilationsprodukte aus der durch die Gefäße zugeführten rohen Bodenlösung und der Kohlensäure der Luft. Diese aus der Luft eintretende Kohlensäure wird in der grünen Zelle zerrissen, wobei ein Bestandteil, der Kohlenstoff, schnell verarbeitet, der andere Bestandteil, der Sauerstoff, aber ausgeschieden wird. (Reduktionsprozeß). So entstehen Stärke, Zucker, Zellstoff. Doch der nimmer rastende Sauerstoff macht sein Recht auf die neugebildete organische Substanz geltend. Immer wieder drängt er sich an die Stoffe und verbindet sich mit ihnen. Immer höher oxydierte Verbindungen entstehen; gewisse Säuren, namentlich die giftige Oxalsäure (Kleesäure) werden häufiger. Das Blatt macht die Oxalsäure unschädlich, indem es dieselbe mit Kalk sich verbinden läßt; es schlagen sich in einzelnen, bestimmten Zellen reichlich Krystalle von oxalsaurem Kalk in Form von nadelförmigen Prismen (Raphiden) oder ganz flachen Pyramiden (Briefkouvertform) oder von rhombischen, oftmals zu Drusen vereinigten Tafeln nieder. Der oxalsaure Kalk (Calciumoxalat) fehlt nur wenig Pflanzen (Farnkräutern und Schachtelhalmen); meist ist er im Zellinhalt, manchmal aber auch in der Membran eingelagert. (s. Fig. 22.)

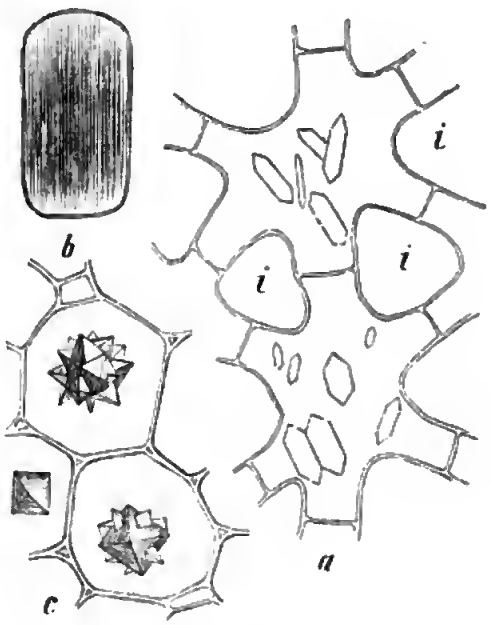

Fig. 22.
Verschiedene Formen des oxalsauren (kleesauren) Kalkes.

In beistehender Fig. 22 sehen wir bei a zwei sternförmige Zellen aus den Scheidewänden der Luftgänge, welche in dem Blattstiel einer Musa die schwammige Beschaffenheit der Gewebe veranlassen. In jeder der Zellen, welche durch große Zwischenzellräume i von einander getrennt sind, erkennen wir mehrere prismatische Kalkkrystalle. Neben diesen Formen kommen im Musablattstiel auch noch Zellen vor, welche den oxalsauren Kalk als Raphiden b in ganzen Büscheln enthalten. Während die Raphiden besonders häufig bei Monokotylen auftreten, sehen wir Briefkouverts (Oktaëderform)

einzeln oder auch ganze Druſen von ſchiefen Kryſtallen bei den Dikotylen häufiger; als Beiſpiel dienen die Zellen c aus dem Blattſtiel einer Begonia (nach Querſſen).

Viel ſeltener trifft man in den Pflanzen kohlenſauren Kalk (Calciumcarbonat) an; er bildet dann äußerlich den Pflanzenteilen aufgelagerte Kruſten (viele Algen) oder iſt auch direkt in die Subſtanz der Zellwand aufgenommen und macht dieſelbe ſpröde. Bei einigen Familien (Urticaceen, Acanthaceen, Cucurbitaceen) finden ſich in der Oberhaut oder auch in anderen Gewebezellen keulige, traubige oder ſtabförmige Zellſtoffwucherungen (Cyſtolithen) (Fig. 17 c) die in ihrer Subſtanz große Mengen von Kalk aufgenommen haben und nur dann dieſen Erhärtungsſtoff nicht zeigen, wenn die Pflanzen ohne Kalk oder ohne Licht wachſen müſſen.

Nur vereinzelt findet ſich im Pflanzenreich der Kalk als Gips (Calciumſulfat) und als phosphorſaurer Kalk (Calciumphosphat) vor. Letztere Verbindung entſteht manchmal erſt in Kryſtallen bei der Zerſetzung plasmareicher Pflanzenſchichten (Kartoffelſchalen) und das Auftreten der Kalkſalze im allgemeinen iſt ein Zeichen des Alterns. Erſt wenn die Zellen alt werden, feſtigen ihre Membranen ſich durch Kalkſalze und werden unwegſamer oder ſchlagen ſich die Oxalatkryſtalle in den Zellen nieder.

So iſt das alternde Blatt im Herbſt gelb und kalkreich aber verarmt an plaſtiſchen Stoffen; es hat ſeine Pflicht gethan. Die gelbe Farbe kommt von der Auflöſung des Chlorophylls, wobei das Xantophyll zurückbleibt. Bei den abfallenden Blättern werden nun auch das plasmatiſche Gerüſt des Chlorophyllkorns und andere Körper gelöſt und die ſtickſtoffhaltigen Verbindungen wandern großenteils in den Stamm zurück. Nach eingetretenem Laubfall waltet ausſchließlich die Zerſetzung und unter den Zerſetzungsprodukten finden wir in erſter Linie die Kohlenſäure, alſo denjenigen Körper, den das lebendige Blatt einſt aufgenommen und zum Aufbau der Pflanze verarbeitet hatte.

Siebentes Kapitel.

Behandlung der oberirdischen Achse.

§ 25. — Warum muß die oberirdische Achse bei unsern Kulturgewächsen geschnitten werden?

Bei sämtlichen gärtnerischen Kulturen beansprucht man eine schöne Gestalt der Pflanze. Maßgebend ist ferner das Bestreben nach einer Steigerung des Nutzeffektes entweder in der Richtung der Qualität und Quantität oder in Rücksicht auf Zeitersparnis, auf möglichst schnelle Erlangung des gewünschten Ernteproduktes.

Schließlich ist auf die leichte Transportfähigkeit der Gewächse Rücksicht zu nehmen.

Abgesehen von den kurzlebigen, krautartigen Gewächsen hat die Mehrzahl der sich selbst überlassenen Pflanzen viel von zufälligen Beschädigungen zu leiden (Windbruch, Insektenbeschädigung ꝛc.) die ihr Aussehen unschön machen. Außerdem diktiert die augenblickliche Geschmacksrichtung Entwicklungsformen, welche die Natur von selbst nicht oder nur selten bildet. Man denke an die künstlichen, französischen Baumformen, an die Kugel-, Pyramiden-, Säulenformen der Blütensträucher im freien Lande und bei der Topfkultur. Zur Erlangung derartiger Gestalten oder zur Ausbesserung einer beschädigten Krone ist die Regulierung des Wachstums durch Fortnahme und Einfügung von Ästen nicht zu umgehen.

Die Erhöhung des Nutzeffektes verlangt ebenfalls die Anwendung künstlicher Eingriffe. Selbst bei solchen Kulturen, wo der Holzkörper das Nutzprodukt ist, genügt nicht immer die Stammform, die der sich selbst überlassene Baum entwickelt. Bei der Erzielung der Mastbäume und derjenigen Stämme, die lange Bretter und Balken geben sollen, hilft nicht immer die forstliche Anzucht im geschlossenen Bestande. Lücken im Walde werden vom Baume zur Entwicklung starker Seitenäste ausgenutzt, welche von der Hand des Forstmanns entfernt werden müssen. Wenn, wie bei

der französischen Obstzucht, der Nutzeffekt gesteigert werden soll, indem auf möglichst kleinem Raum eine fruchttragende Krone ausgebreitet werden soll, so muß die natürliche Holzproduktion eingeengt werden und die sonst ruhenden Seitenaugen in möglichster Nähe der Hauptachse zur Entwicklung gereizt werden. Auch wenn an Zeit bei der Anzucht der Pflanzen gespart werden soll und der Nutzen in der möglichst schnellen Umsetzung des Kapitals gesucht wird, beläßt man der Pflanze nicht die langen Laubtriebe, um früher die blütenentwickelnden Seitenaugen auszubilden.

Der sich selbst überlassene Baum oder Strauch baut seine Krone vielfach dadurch ungünstig, daß er zu viel Astwerk entwickelt, also die Krone im Innern zu dicht und unfruchtbar macht; hier muß künstliche Lichtung und Durchlüftung eintreten. Ferner kommen Wachstumsfehler von selbst dadurch zustande, daß der Baum Wasserschossen entwickelt, welche seine Tragbarkeit vermindern oder für einige Zeit gänzlich aufheben, wenn nicht rechtzeitig rationell eingegriffen wird.

Endlich haben wir bereits bei der Behandlung der Wurzel darauf hingewiesen, daß wir Pflanzen, die leicht transportierbar gemacht werden sollen, häufig verpflanzen müssen. Jedes Umpflanzen schließt eine mehr oder weniger tiefgehende Wurzelverletzung in sich. Dabei ist der Grundsatz zu befolgen, daß man die Krone der durch den Wurzelschnitt verminderten Ernährungsfähigkeit entsprechend schneidet. So ließen sich noch viele Beispiele anführen, welche darthun, daß der Pflanzenzüchter selten in der Lage ist, die Entwicklung der oberirdischen Achse sich selbst zu überlassen. Das Messer muß fast überall zur Anwendung kommen.

§ 26. — Wie machen wir die Schnittwunden am wenigsten nachteilig?

Diese Frage ist kurz zu beantworten. Man übe den Schnitt an möglichst jungen Kronenteilen aus. Diese Regel ist dadurch begründet, daß die Wunden an jungen Achsenteilen am schnellsten und vollkommensten ausheilen. Die Gefährlichkeit jeder Wunde liegt in ihren Folgeerscheinungen, von denen die eintretende Wundfäulnis am bedenklichsten ist. Diese Wundfäule kann ohne Mitwirkung von Pilzen verlaufen; in der Regel wirken aber holzzerstörende Pilze bei der Zersetzung mit. Die Keimung der Pilzsporen auf der Wundfläche wird dadurch eingeleitet und begünstigt, daß die Wundfläche längere Zeit die nötige Feuchtigkeit darbietet.

Man hat also so viel als möglich der Ansammlung von Feuchtigkeit entgegen zu treten. Daraus ergiebt sich die Direktive für die Form des Schnittes und die Zeit der Ausführung.

Digitized by Google

Die Form des Schnittes muß so gewählt werden, daß das atmosphärische und das etwa aus dem Zweige selbst austretende Wasser am Ansammeln verhindert werden. Wenn wir aufrechtstehende Zweige quer abschneiden, so hätte die Wundfläche eine horizontale Lage. Jeder Zweig bildet aber durch das stärkere Zusammenziehen des Markes bei dem Abtrocknen eine schüsselförmige Vertiefung an der Schnittfläche; in der Vertiefung halten sich Regen-, Tau-, oder Blutungswässer längere Zeit, so daß Pilzsporen keimen und die Pilzschläuche das Gewebe zerstören können. Jede Wundfläche ist daher bei geneigter Lage günstiger, jeder Querschnitt daher diagonal zu führen.

Aus der Vorschrift, Ansammlung der Feuchtigkeit zu vermeiden, ergiebt sich, daß man nicht die Zeit zum Schneiden wählen soll, in denen die Pflanzen bluten, aus dem Gewebe also Wasser herausgepreßt wird. Es ist dies namentlich die Periode im Frühjahr vor Laubausbruch. Trotzdem an der Wundfläche Vorrichtungen erkennbar sind, welche vor Wasserabgabe schützen, kann man doch bisweilen auch noch an alten Wundflächen ein Herauspressen größerer Wassermengen beobachten. Die Schutzvorrichtungen sind zweierlei Art: im parenchymatischen (krautartigen) Gewebe legt sich eine Trennungsschicht vom äußeren Korkmantel her quer durch die Rinde; in den Gefäßröhren treten Verstopfungseinrichtungen auf, indem die angeschnittenen und die daranstoßenden Röhren sich entweder durch Pfropfen aus einer besonders widerstandsfähigen, gummiähnlichen Masse (Wundgummi) schließen oder die umgebenden Parenchymzellen sich durch die Poren blasig in die Innenräume des Holzgefäßes hineinstülpen, sich bienenzellenartig aneinanderpressen und das Rohr auf diese Weise auch unwegsam machen. (Thyllenbildung.)

Alle schützenden Neubildungen entstehen aber um so schneller, je jünger noch das Gewebe ist, je mehr noch Baustoffe in den Zellen vorhanden sind. Schneiden wir einen Zweig im krautartigen Zustande ab, so bemerken wir ein gänzliches Schrumpfen und Zusammentrocknen des angeschnittenen Zweiggliedes bis auf das nächste Auge herab und im Innern eine Korklage, welche das abgetrocknete Gewebe von dem gesunden trennt. Bei etwas älteren, einen bereits stärker entwickelten Holzkörper aufweisenden Zweigen findet man nicht selten unterhalb des vertrockneten Stumpfes eine beulige Anschwellung. Dieselbe kommt bei manchen Obstsorten besonders gern vor und ist kein beunruhigendes Zeichen; sie entsteht durch außergewöhnliche Vermehrung des Rindengewebes in der Nähe der Hartbastfasern, die von

der Wundfläche aus oft tief in das gesunde Gewebe hinein absterben und dann von einem Korkmantel eingehüllt werden.

Am wenigsten gefährlich ist der Schnitt im belaubten Zustande, weil erstens durch die Verdunstung der Blätter die Achse nicht so wasserreich ist, um nennenswerte Wasserausscheidungen an der Wundfläche zuzulassen und weil zweitens von den Blättern aus sofort Baumaterial an die Schnittfläche zur Vernarbung gelangen kann. Wenn ausgereiftes Holz geschnitten werden soll, so ist entweder der frühe Herbst oder der späte Winter in Betracht zu ziehen. Im Frühherbst ist noch so viel Thätigkeit im Zweige, daß sich die Verschlußschichten der Wunde ausbilden und die Schnittfläche sowohl gegen die Herbstnässe als auch gegen die Winterkälte genügenden Schutz erhält. Bei Ausführung des Schnittes zu Ausgang des Winters sind Frostbeschädigungen für altes Holz nicht zu befürchten und die Lebensthätigkeit ist kurz vor ihrem Erwachen, so daß in kurzer Zeit die Vernarbung zu erwarten steht.

Besondere Vorsicht ist bei den Steinobstgehölzen anzuempfehlen; in südlichen Gegenden auch bei den Aurantiaceen ꝛc., kurz bei allen Gewächsen, deren Holzkörper dem Gummifluß unterworfen ist. Übt man nämlich die Verwundungen zu einer Zeit aus, in welcher der Baum eine starke Zellthätigkeit entfaltet hat, so stellt sich in der Nähe der Schnittfläche später der Gummifluß ein. Man kann sich selbst sehr schnell den Beweis schaffen, wenn man an einem Kirsch- oder Pflaumenbaum vom Januar bis September allmonatlich eine bis auf das Holz reichende Rindenwunde anbringt; man wird dann im Laufe des Sommers aus den Frühjahrswunden Gummimassen austreten sehen. Ist man bei andern Baumarten gezwungen, in der Hauptblutungszeit zu schneiden, so wähle man womöglich trübe, kühle Tage, weil an diesen die Blutungssäfte am sparsamsten fließen. Mit den starktriebigen, in der Regel wasserreichen Sorten fange man so früh als es irgend geht, an, da bei ihnen der größte Saftverlust eintritt und daher die Folgen übermäßiger Blutung am schnellsten sich einfinden. Als solche Folgeerscheinungen sind zu nennen: Verspätetes Blühen, unregelmäßige Fruchtreife, ungenügende Holzreife.

§ 27. — Welchen Einfluß übt der Sommerschnitt im Verhältnis zum Winterschnitt?

Wenn wir als „Winterschnitt" jegliche Entfernung von Zweigen während der Ruheperiode der Holzpflanze zusammenfassen und dem Schnitt im be-

laubten Zuſtande gegenüberſtellen, ſo läßt ſich im allgemeinen ausſprechen, daß der Winterſchnitt kräftigend, der Sommerſchnitt ſchwächend wirkt.

Wenn man irgend einen Bruchteil der Krone wegnimmt, nachdem derſelbe ſchon einen Sommer hindurch gelebt hat, ſo iſt der Ausbau und die Thätigkeit der Wurzel, alſo ihr Aufnahme- und Druckſyſtem derartig ausgeſtaltet, daß ſie für die geſamte Krone ausgereicht haben. Bei Beginn der nächſten Vegetationsepoche findet ſich nun durch die Fortnahme einzelner Zweigpartien das waſſerverbrauchende Gebiet verringert; dieſelben Druckkräfte der Wurzel haben ein beſchränkteres Feld zu verſorgen, folglich muß die Wirkung auf die einzelnen verbliebenen Teile eine kräftigere ſein.

Beim Sommerſchnitt nehmen wir krautartige Zweigteile mit erſt kürzlich entſtandenen Blättern fort. Letztere ſollten ihre Hauptarbeit erſt leiſten; denn zu Anfang entwickelt ſich der Blattkörper auf Koſten des im alten Zweige geſpeicherten Reſervematerials; dann kommt eine Periode, in der das Blatt den weſentlichſten Teil ſeiner neugeſchaffenen Aſſimilate zum eigenen Ausbau verwendet und erſt nach Vollendung dieſer Phaſe arbeitet der Apparat ganz zu Gunſten der Achſe. Nimmt man den krautartigen Zweig, ſo raubt man der älteren Achſenpartie das Material, das ſie zum Laubausbruch verwendet, ohne daß ſchon ein Erſatz aus den jugendlichen Blättern hätte zurückwandern können. Dies iſt alſo eine Schwächung für den Geſamthaushalt der Pflanze. Bei der geſteigerten Produktionsfähigkeit unſerer Kulturpflanzen kann eine ſolche Schwächung aber außer Betracht gelaſſen werden, wenn dadurch eine Beförderung anderer Vorgänge erzielt wird.

Das Fortnehmen junger Triebenden, das man als Entſpitzen oder Pincieren bezeichnet, iſt beiſpielsweiſe bei Bäumen geboten, die durch unmäßige Holzentwicklung unfruchtbar ſind. Wenn man einem langen Holztriebe die Spitze nimmt, ſo beraubt man ihn des anſpruchsvollſten Teiles; infolgedeſſen vermehrt ſich der Waſſerdruck auf die Seitenaugen, von denen die unteren mehr anſchwellen, die oberſten aber in kurzer Zeit zu neuen Trieben ſich entwickeln. In die durch erhöhten Waſſerdruck erweiterten Zellen der tieferen Knoſpen lagern ſich mehr Reſerveſtoffe und ſolche müſſen reichlich vorhanden ſein, wenn ſich Blütenanlagen einſtellen ſollen.

Der günſtigſte Erfolg wird dann zu verzeichnen ſein, wenn das Entſpitzen gerade zu einer Zeit vorgenommen wird, nach welcher die Knoſpen noch lange Gelegenheit zum Schwellen und zum Speichern der Reſerveſtoffe haben, aber der Waſſerauftrieb nicht mehr ſo ſtark iſt, daß die oberen Augen noch zu langen Trieben auswachſen müſſen. Dieſer günſtige Zeit-

punkt ist etwa bei uns der Augustmonat. Im Frühjahr und bei dem sogenannten zweiten Triebe im Juni und Juli hat man mit dem allgemeinen starken Wasserauftrieb zu kämpfen. Ein Entspitzen in dieser Periode ruft in der kürzesten Zeit die Streckung der Endknospen an den stehengebliebenen Zweigteilen hervor. Je jünger nämlich die Achse noch ist, desto leichter werden durch eine geringe Steigerung der Wasserzufuhr die Augen zu Trieben verlängert, weil die Zellen um so näher noch dem Stadium der Vermehrungsfähigkeit liegen und leicht wiederum in Vermehrung treten. So sehen wir bei manchen Bäumen (Pfirsich, Esche, Akazie) bei recht üppigem Wachstum auch ohne Anwendung des Schnittes ein Austreiben der kürzlich angelegten Knospen am diesjährigen Zweige (*proleptische* Triebe).

Um Mißerfolge zu vermeiden, betonen wir gerade bei dem allgemein ausgeübten Verfahren, daß eine durchgängig gültige Regel für Beginn oder Wiederholung des Sommerschnitts sich nicht geben läßt. Man kann Bäume auch zu Tode pincieren. Der günstige Zeitpunkt für die Ausführung hängt von Varietät, Klima, Boden und selbst von der Individualität der einzelnen Pflanzen ab. Der Züchter muß selbst erwägen, ob die Zweige bereits so weit in Ruhe sind, daß ein zu starkes Austreiben der oberen Knospen nicht mehr zu befürchten ist.

Gelingt es durch den Augustschnitt nicht, die Augen zu genügend starker Schwellung zu bringen, so ist in Gegenden mit langen Herbsten der sog. *Oktober-* oder *Herbstschnitt* anwendbar. Dabei kann man noch tiefer zurückschneiden, den Wasserdruck also auf noch weniger Augen verteilen, ohne befürchten zu müssen, daß irgend eine Knospe noch austreibt. Aber auch hierbei ist wieder ganz individuell auszuprobieren, wieviel zurückgeschnitten werden kann, um im nächsten Jahre den gewünschten Erfolg, nämlich die Erlangung *kurzgliederiger Triebe*, zu haben. Bei kurzgliederigen Zweigen verteilt sich die von einem Blatte gelieferte Menge der Assimilate auf eine kleinere Stengelstrecke und füllt das einzelne Stengelglied um so reichlicher mit Reservenahrung, was als Vorbedingung für Blütenknospenbildung bereits erwähnt worden ist.

Wird der Schnitt zu kurz geführt (was bei schwachtriebigen Varietäten manchmal absichtlich geschieht) dann kann der Wasserauftrieb im Frühjahr so stark sein, daß sich sämtliche austreibenden Augen zu langgliedrigen Holzzweigen strecken. Dann hätte man das sog. „*Schneiden auf Holz*“ ausgeübt.

§ 28. — Welche Folgen hat das Schneiden auf Zapfen und auf Astring?

Die Besprechung der Regeln behufs Erlangung einer bestimmten Gestalt des Baumes gehört nicht in dieses Buch, sondern fällt in die reine Technik der Formbaumzucht. Wohl aber müssen wir die einzelnen Eingriffe durch das Messer auf die verschiedenen Teile der Krone besprechen. Aus der zielbewußten Aufeinanderfolge der Einzelschnitte setzt sich die Methode der Anzucht von „Formenbäumen" zusammen. Übrigens mag hier mit der Meinung nicht zurückgehalten werden, daß dieses Hineinzwängen eines Baumes in eine seiner natürlichen Astbildung widerstrebende Form eben nur die Bedeutung einer Spielerei hat. Die Methode richtet sich schon dadurch von selbst, daß in der Mehrzahl der Fälle die bestformierten Bäume die wenigsten Früchte tragen. Die Vorteile, welche man der sogenannten „französischen Obstzucht" nachrühmt, nämlich die Ausnützung des kleinsten Raumes für Obstbau und die Erzielung ganz besonders schöner Früchte lassen sich sicherer erlangen, wenn man von den mathematisch regelmäßigen Aststellungen absieht und dem Baum mehr seine natürliche Wuchsform läßt, d. h. zu der gewöhnlichen Zwergbaumzucht zurückkehrt. Der Zweck der Anzucht von Zwergbäumen ist ebenfalls, auf kleinem Raume ganz besonders schöne Früchte zu erzielen. Durch die Anzucht auf Zwergstamm oder Halbstamm rückt man die Krone zur bessern Beobachtung und Bearbeitung näher und erzielt hier wie dort die größten Früchte durch Verminderung der Gesamtzahl.

Zu den allgemeinen Hilfsmitteln der Baumzucht gehört der „Schnitt auf Zapfen". Man versteht darunter das Abschneiden eines Zweiges 8 bis 10 cm. über dem Auge, auf dessen Entwicklung man rechnet, also z. B. des Auges, aus welchem die Verlängerung des „Leittriebes" hervorgehen soll. Alle über diesem Auge liegenden Knospen werden ausgebrochen, so daß der augenlose Zweigteil als Anheftungsstab für den erwarteten Verlängerungstrieb dient. Abgesehen von der Zeitersparnis, die das verkürzte Anheftungsverfahren gewährt, ist wahrscheinlich noch ein anderer Vorteil dabei. Die Reservestoffe in dem augenlosen Zweigstück sinken wahrscheinlich bei Beginn der Vegetation abwärts und kommen teilweis dem Verlängerungsauge zu statten. Der Zapfen wird nach Erstarkung des angehefteten Triebes innerhalb der Vegetationszeit entfernt.

Bei der gänzlichen Entfernung eines Zweiges kommt es darauf an, ob man „auf" oder „durch" den Astring schneidet. Unter Astring versteht man die an der Ursprungsstelle eines älteren Zweiges sich vor-

findende, wulſtige Erhebung, welche ſpäter am ſog. „Aſtablauf“ bei ſtärkeren Äſten an Ausdehnung gewinnt und ein querrunzeliges oder faltiges Anſehen hat. Der Aſtring verſtärkt ſich dadurch, daß in jedem Jahre der Aſt ſich verdickt und zwar auch in dem Teile ſeiner Baſis, der in der Rinde des Mutteraſtes ſteckt. Der Zweig, der im erſten Jahre aus der Knoſpe ſich entwickelt, zeigt an ſeiner Baſis in der Mehrzahl der Fälle kleine, dicht übereinandergeſtellte Schuppen; es ſind die unentwickelt gebliebenen Blätter, welche nur durch einen ſchnell trocken werdenden, ſchuppigen Scheidenteil angedeutet ſind. In der Achſel dieſer Blattrudimente finden ſich Knoſpenanlagen von einer ebenſo geringen Entwicklung. Dieſe Baſalknoſpen des Zweiges werden allmählich, wenn der Mutterzweig dicker wird und ſich zum Aſt auswächſt, in den Rindenkörper des letzteren eingehüllt, liegen alſo im Innern des Aſtringes. Schneidet man nun auf „Aſtring“, ſo nimmt man den Zweig dicht vor der Anſchwellung weg. In derſelben liegen aber noch entwicklungsfähige Augen des Zweiges und die Folge davon iſt die, daß zwei derſelben im nächſten Jahre ausſchlagen und ihrer ſchwächlichen Anlage gemäß ſich zu dünnen Zweigchen ausbilden.

Empfehlenswert wird das Schneiden „auf Aſtring“ dann ſein, wenn man einen zu üppig wachſenden Trieb durch einen ſchwächeren erſetzen will. Wenn man dagegen „durch den Aſtring“ ſchneidet, ſo wird das Meſſer innerhalb der Geſchwulſt angeſetzt, entfernt alſo etwas Rinde des Mutteraſtes und nimmt die entwicklungsfähigen Augen des Zweiges ganz fort, womit die Triebentwicklung an dieſen Stellen in der Regel gänzlich aufhört.

Bei älteren Äſten gelingt es kaum, alle Augen des Aſtringes zu vernichten; daher ſehen wir bei Bäumen mit leicht zu weckenden Knoſpen (Pappel, Linde) an den Stellen, an welchen ein Aſt abgeſägt worden, viele Zweigchen im Umfange hervorbrechen. Dieſelben können wieder ihre Seitenaugen an der Baſis ausſproſſen laſſen und die Anzahl derartig kleiner Achſen kann ſo groß und ihre Stellung ſo dicht und ihre Ernährung ſo beſchränkt werden, daß dieſe Sproſſen einander durch gegenſeitigen Druck töten.

Schält man an ſolchen Stellen die Rinde ab, ſo bemerkt man den Holzkörper des Stammes kiſſenartig aufgetrieben und mit zahlreichen, kleinen ſpießigen Holzkegeln beſetzt. Man bezeichnet dieſe Gebilde dann als Kropfmaſern.

Etwas ähnliches, wie bei dem Schneiden auf Aſtring, zeigt ſich bei dem ſog. „Hakenſchnitt“, der bei der Behandlung des Fruchtholzes von Steinobſtbäumen zur Anwendung gebracht wird.

Bekanntlich muß das Fruchtholz der Steinobstgehölze in anderer Weise als bei dem Kernobst behandelt werden, weil diejenigen Stellen der Steinobstzweige, die einmal Früchte getragen haben, keine Fruchtknospen wieder entwickeln, sondern kahl bleiben. Es rückt hier die Blütenaugenbildung immer höher am Zweige hinauf und läßt hinter sich kahles Holz, während bei dem Kernobst dieselbe (oftmals sich allmählich verdickende) Zweigpartie neue Fruchtknospen entwickelt und somit immer bekleidet bleibt.

Die Verdickung der fruchttragenden Zweigpartien kann sich, namentlich bei Birnen, bis zu einem gefahrdrohenden Stadium steigern. „Es ist dies der Fall bei derjenigen Fruchtholzform, die man Fruchtkuchen (bourse) nennt. Sie kommt erst nach der Erzeugung der ersten Früchte zur vollkommenen Ausbildung und stellt dann eine kurz kegelförmige, oben abgeplattete, ungleichseitig tonnenförmig ausgebauchte, in der oberen Region mit Blütenknospen besetzte, kurzgliedrige Zweigform (Kurztrieb) dar. Die Abweichung von dem Holztriebe ist in anatomischer Beziehung ungemein groß. Der Holzring ist außerordentlich schwach, dagegen Rinde und Mark von der größten Üppigkeit und bei Birnenvarietäten geht nicht selten die Zweigrinde in die dicke Fruchtstielrinde unmerklich über. Diese Zweigform ist sehr frostempfindlich. Sollte man bei Varietäten, die geringe Neigung zu kräftiger Holztriebbildung besitzen, gezwungen sein, aus Fruchtkuchen derartige langgliederige Zweige hervorzulocken, so kann dies nur durch gänzliches Zurückschneiden des Fruchtkuchens auf seine Basalaugen geschehen.

Bei dem Hakenschnitt des Steinobstes arbeitet man nun dem Kahlwerden des Fruchtholzes dadurch entgegen, daß man dasselbe alljährlich erneuert. Man schneidet nämlich den Teil des Fruchtzweiges, der eben getragen hat, bis auf etwa 4 Basalaugen zurück; in der Regel treiben im nächsten Frühjahr zwei von ihnen aus. Der schwächere der beiden Triebe wird eingestutzt gehalten, während der stärkere zum Fruchtzweig herangezogen wird. Im nächsten Jahre unterliegt dieser demselben Zurückschneiden.

Die Folgen eines jeden Zweigschnittes bestehen in der Anreizung von einer Anzahl solcher Seitenaugen zur Triebentwicklung, die ohne das Schneiden schlafend geblieben wären. Die schnellste Entwicklung und die kräftigsten Triebe zeigen die Seitenknospen im oberen Zweigdrittel; von da bis nach der Zweigbasis nehmen Erweckbarkeit und Triebstärke stetig ab.

§ 29. — Unter welchen Bedingungen ſoll der Schnitt regulierend in den natürlichen Bau der Krone eingreifen?

Unter den zahlreichen Arten und Varietäten unſerer Obſt- und Ziergehölze giebt es einzelne, deren Zweigbildung von unſeren Kulturanſprüchen aus als fehlerhaft bezeichnet werden muß. So finden ſich z. B. Varietäten, deren Zweige ſtets gekrümmt, andere, deren Holztriebe verhältnismäßig ſpärlich und kurz ſind, die dafür aber leicht geneigt zum Fruchtanſatz erſcheinen. Im Gegenſatz hierzu herrſcht bei andern Sorten das Beſtreben vor, ſtark ins Holz zu gehen, aber nur ſpärlich Fruchtzweige zu entwickeln u. dgl. m.

Ähnliche Erſcheinungen können durch unpaſſenden Standort individuell hervorgerufen werden. Der Schnitt ſoll nun dergleichen Bildungsfehler beſeitigen. Alle unſere Beſtrebungen in dieſer Richtung laufen darauf hinaus, daß wir entweder mehr Laubtriebe hervorrufen wollen oder mehr Fruchtholz brauchen. Im erſteren Falle iſt das „Schneiden auf Holz“ geboten; im letzteren muß „auf Frucht geſchnitten“ werden.

Sehen wir die Neigung bei einem Baume vorhanden, alljährlich nur kurze, aber mit Fruchtaugen überreich beſetzte Zweige zu bilden, ſo daß die Befürchtung naheliegt, der Baum werde niemals eine kräftige Krone bilden und ſich überdies leicht erſchöpfen, ſo iſt das „Schneiden auf Holz“ geboten. Wir wiſſen, daß eine reiche und anhaltende Waſſerzufuhr zu einem Triebe ſeine vegetative Thätigkeit erhöht; die Blätter werden größer und die ſie trennenden Zweigglieder länger. Eine relative Steigerung der Waſſerzufuhr von Seiten der Wurzel zu den einzelnen Knoſpen iſt nur dadurch möglich, daß man ihre Zahl vermindert. Man wird die Zahl der Augen durch Zurückſchneiden beſchränken und zwar um ſo weniger vom Zweige übrig laſſen, je ſtärker man die nächſtjährigen Holztriebe braucht. Schneiden auf Holz heißt alſo kurz ſchneiden d. h. nur einen geringen Teil des Zweiges ſtehen laſſen.

Auf „Frucht zu ſchneiden“ iſt man dann genötigt, wenn der Baum lange, wenig veräſtelte, üppige Holztriebe durchgehends bildet, ohne genügenden Fruchtanſatz zu zeigen. Man kann nur den Holztrieb mäßigen und den Baum zu größerer Veräſtelung anregen, wenn man den Zweigen die Spitzen nimmt, alſo den größten Teil des Zweiges, mindeſtens aber die Hälfte ſtehen läßt. Die oberſten Knoſpen des ſtehengebliebenen Zweigteils treiben bald aus und werden krautartig entſpitzt, wodurch die tiefer ſtehenden Knoſpen immer mehr Gelegenheit haben, zu ſchwellen und zu

Digitized by Google

Fruchtaugen sich auszubilden. Wenn man durch diesen sog. „langen Schnitt“ allein nicht zur genügenden Entwicklung von Fruchtknospen kommt, so muß man denselben durch Biegen, Drehen, Einkerben, Ringeln u. s. w. unterstützen. Wir kommen auf diese Hilfsmittel später speziell zu sprechen.

Der Schnitt wird bei derselben Sorte nicht in allen Örtlichkeiten derselbe sein, sondern sich nach dem Klima modifizieren müssen. Kältere Klimate begünstigen ebenso wie feuchte den Holztrieb; daher schneide man dort im allgemeinen lang. Wärmere, reich besonnte, wasserarme Gegenden wirken von selbst auf die Ausbildung eines kurzen, reservestoffreichen Triebes, also auf Fruchtholz hin; hier muß somit vorzugsweise der kurze Schnitt zur Anwendung gelangen, um stets Holztriebe in genügender Anzahl zum Fortbau der Krone vorrätig zu haben.

Ebenso muß der Schnitt korrigierend eingreifen, wenn durch einseitige Düngung sich Wachstumsfehler einstellen. Wenn z. B. der Baum durch übermäßige stickstoff- und kalireiche Düngemittel zur Entwicklung sehr üppiger Holztriebe angeregt worden ist, kann man den Einfluß dieser einseitigen Ernährung so schnell wie möglich nur dadurch beseitigen, daß man einige Zeit hindurch sehr kurz schneidet. Dadurch werden die schwachen Augen an der Zweigbasis herausgetrieben und stärker als gewöhnlich entwickelt. Man erhält dann in der Nähe der Hauptachse für später kräftiges Holz und der Baum „tobt sich aus“.

Bei allgemein schwächlicher Konstitution des Baumes handelt es sich dagegen um möglichst reichliche Erzeugung neuer assimilierender Organe, also eines kräftigen, lange arbeitenden Blattapparates. In diesem Falle helfe man durch einen sehr langen Schnitt bei gleichzeitiger genügender Wurzelbewässerung nach.

Wenig blühende Exemplare dürfen nicht kurz geschnitten werden; dagegen wende man diesen Schnitt bei solchen Varietäten an, die durch reichlichen Blütenansatz sich auszeichnen.

Ebenso werden solche Varietäten behandelt werden müssen, bei denen das Wachstum der Gipfelknospen dominiert und die infolgedessen wenig seitliche Verzweigung anlegen, so daß die Krone, sich selbst überlassen, aus langen, rutenförmigen, wenig Seitenachsen zeigenden Ästen sich aufbauen würde. Umgekehrt kann man reich und dicht sich verzweigende Sorten lang schneiden.

Ganz besonders verändert sich der Charakter einer Sorte durch die Unterlage, auf welche dieselbe veredelt wird. Die sog. Zwergunterlagen für unser Kernobst (Johannisapfel und Quitte) veranlassen in der Regel

die Bildung kürzerer Holztriebe, dafür aber eine vermehrte und frühere Anlage von Blütenknospen, während Apfel- und Birnwildlinge die Entwicklung starker Holztriebe begünstigen. Die Veredlungen auf letztgenannten Unterlagen müssen daher lang, die andern kürzer geschnitten werden.

Auch auf das Alter des Baumes ist bei dem Schnitt Rücksicht zu nehmen. Alle jungen Bäume neigen vorzugsweise zur Entwicklung rein vegetativer Achsen, also zur Bildung von langgliederigen Holztrieben und müssen daher länger geschnitten werden, als alte Exemplare derselben Varietäten und Lage.

Bei der Spalierbaumzucht, namentlich bei der Formierung der künstlichen, französischen Baumformen ist es sehr wesentlich, den Schnitt nach der Lage des Astes einzurichten. Bei den Palmetten und Schnurbäumchen erfordert das Schema, daß die starken Äste wagrecht verlaufen. Je horizontaler aber ein Ast ist, desto geringer ist die Wasserzufuhr zu den Knospen; je mehr sich ein Trieb der Senkrechten nähert, desto reichere Wasserzufuhr und desto größer sind Blätter und Internodien. Die Zweige der wagrechten Äste müssen also kürzer geschnitten werden, als die der senkrechten Achsen. Eine Ausnahme machen nur die Räuber oder Wasserschosse, die sich bei den Schnurbäumchen oder Cordons an der Biegungsstelle der Hauptachse entwickeln. Diese Wasserlohdenbildung ist eine Folge der horizontalen Lage, in welche man die Hauptachse der Bäume hinein zwingt. Durch diese unnatürliche Neigung wird ein Teil der Knospen an der Biegungsstelle in eine bevorzugte Lage betreffs der Wasserzufuhr gebracht. Wenn man einen Ast in seiner natürlichen Lage beläßt, so entwickeln sich die Knospen an der Spitze am frühesten und kräftigsten. Durch die Neigung in die Horizontalebene wird der Wassertransport nach der Astspitze hin verlangsamt, dadurch aber die Wasserversorgung der Augen, welche direkt an und vor der Biegung sich befinden, erhöht, weil sie noch in der Richtung der Senkrechten liegen, wo der Wasserstrom den geringsten Widerstand findet. Die reichere Wasserzufuhr erzeugt nun zunächst in den bevorzugten Augen eine größere Turgescenz und Ausweitung der Zellen und außerdem eine bessere Versorgung mit rohen Bodennährstoffen. Ist aber erst einmal ein solches Auge zum Zweige ausgetrieben, dann bilden die Blätter auch noch eine Anziehungsquelle für die aufsteigende, rohe Bodenlösung und auf dem leichteren und kürzeren Wege zieht der Zweig immer mehr rohe Bodennahrung an, assimiliert immer mehr, streckt sich immer stärker, wird immer kräftiger und langgliederiger, wächst immer schneller und raubt dadurch der wagrechten Mutterachse immer mehr der rohen Bodenlösung, ist also thatsächlich für

diese ein Räuber. So kann es kommen, daß diese neugebildeten, dominierenden Wasserschosse ein Absterben der horizontalen, alten Achse einleiten.

Hat man durch Unachtsamkeit solche Räuber erst einmal zur Entwicklung kommen lassen, so entspitze man dieselben, aber nehme sie nicht plötzlich fort. Nur die, welche die Krone am meisten stören, schneide man etwa auf ein Drittel ihrer Länge und entspitze die sich später entwickelnden Seitenaugen. Bestimmte, für alle Fälle giltige Regeln lassen sich nicht geben; man kann nur das Prinzip feststellen, daß bei der Entstehung von Räubern es sich immer um ein Mißverhältnis zwischen der von der Wurzel zugeführten Lösung und der von der Krone augenblicklich gebotenen Arbeitsfläche, welche zu klein ist, handelt. Wenn man also durch plötzliche Fortnahme der Räuber die Arbeitsfläche wiederum verkleinert, zwingt man den Baum zu erneuter Wasserlohdenbildung. Man verwende also, wo es angeht, diese Schosse zur normalen Kronenbildung oder entferne sie langsam, nachdem man passende Zweige herangezogen hat.

§ 30. — Wann wirkt der Schnitt schädlich?

Dem Kulturzweck zuwiderlaufend ist es, wenn ein Baum zu viel geschnitten wird und zu große Wundflächen erhält. Es wird in unsern Baumschulen und Gärten sehr oft „zu viel" geschnitten, die häufige Unfruchtbarkeit und manche Krankheit, sowie namentlich der frühe Tod unserer Formenbäume wird dadurch veranlaßt.

Das „Zuviel" aber umfaßt sowohl ein zu oft wiederholtes als auch ein zu große Quantitäten von Holz entfernendes Schneiden.

Wenn wir dem Baum keine Ruhe lassen zur Entwicklung einzelner kräftiger Holztriebe, die erst nach ihrer Reife und Entblätterung dem Schnitt unterworfen werden, schwächen wir das Individuum. Die Achse muß zu ihrer Gesundheit und zur Erhaltung ihrer dauernden Produktivität einen genügend großen und möglichst langlebigen Blattaparat haben, der recht viel Reservestoffe in dem Speichergewebe des Stammes niederlegt. Wenn man aber jeden kräftigen Trieb, der augenblicklich über die gewünschte Länge hinausgeht, durch Pincieren zwingt, die Seitenaugen zu entwickeln und wenn man die frischen Triebe alsbald wieder entspitzt, so behält der Formbaum zu wenig kräftiges Laub und von den gelieferten Assimilaten brauchen die immer wieder hervorgerufenen jungen Triebe einen großen Bruchteil für sich. Man soll doch nicht vergessen, daß anfangs jeder junge Trieb, wie ein Parasit an

dem alten Pflanzenteil wirkt; das bezieht sich sowohl auf den Wasserverbrauch als auch auf das gespeicherte Nährstoffkapital. Das Bedürfnis eines starken Wurzel- und Stammkörpers nach entsprechenden Laubmengen sehen wir dann und wann an Apfelcordons besonders prägnant durchbrechen. Es macht sich ein gar nicht zu bändigender Laubtrieb auf einmal geltend und die gerade aufschießenden Zweige nehmen den Charakter der Wasserlohden an.

Das „Zuviel" kann sich aber auch auf die unzeitgemäße Fortnahme von älteren Trieben erstrecken, wie die jetzt ziemlich allgemein verlassene Methode der Anzucht der Baumschulstämme an Pfählen beweist. Das früher beliebte Aufästen der Stämme durch vorzeitiges Wegschneiden der Seitenzweige hatte zur Folge, daß der Stamm zwar schnell in die Höhe kam, aber zu schwache Jahresringe bildete und daher zu dünn war, um das Gewicht der Krone tragen zu können. Das bei der jetzigen Anzuchtmethode befolgte Zurückschneiden des Gipfeltriebes veranlaßt die reichere Entwicklung der Seitentriebe und diese bringen im Laufe eines Sommers reichlich Baumaterial in den jungen Stammkörper, der dasselbe zum breiteren Aufbau des Jahresringes verwendet.

Ferner kann dem Baum ein Schaden dadurch erwachsen, daß gleichzeitig zu viel Zweige eingestutzt oder fortgenommen werden und der Baum für den Augenblick nicht Verbrauchsherde für die großen, durch den Wurzeldruck emporgepreßten Wassermengen hat. Würde man das Holz, das man auf einmal mal fortnimmt, allmählich entfernen, so würde das Wachstum ungestört bleiben. Schädlich wirkt nur die plötzliche Unterdrückung der Zweigteile. Es sind zu viel der leicht erweckbaren und schnell kräftige Triebe liefernden Gipfelknospen entfernt worden Es kann dann sowohl das Rindengewebe als auch der Cambiumring zu Wucherungen angeregt werden, welche Ursachen späterer Erkrankung darstellen. Ein sehr bekannter und beweisender Fall ist die Wassersucht der Stachelbeeren. Wenn man bei der Winterveredlung von Ribes Grossularia auf Ribes aureum zu stark die Unterlagen antreibt und ausputzt, indem man alle entstehenden Seitenzweige ausbricht, so bilden sich unterhalb der Veredlungsstelle Rindenauftreibungen aus schlauchförmig gewordenen Parenchymzellen, welche aufreißen und das Anwachsen der Veredlung verhindern. Ähnliche, aber nicht aufreißende Beulen findet man manchmal an den Zapfen weicher Birnensorten; hier geht ebenfalls eine Entfernung sämtlicher Knospen am Zapfenstück voran.

Wenn die Cambiumzone durch die Fortnahme von Seitenachsen an Wasserüberschuß leidet, so treten bis zu beträchtlicher Entfernung von den

Schnittwunden Querbinden im neu entstandenen Jahresringe auf, welche aus kurzen, weiten Zellen (Holzparenchym) statt aus langen, festen Prosenchymzellen zusammengesetzt sind. Diese Binden von Holzparenchym rufen eine Lockerung des Jahresringes hervor, die sofort gefährlich wird, wenn Fäulniserscheinungen an irgend einer Schnittfläche oder andern Holzwunde sich einstellen. Dieses Gewebe unterliegt leicht den Vermoderungsvorgängen und den im Holz wachsenden Pilzfäden. Scheinbar ganz gesunde Bäume zeigen beim Zersägen braune Ringstreifen im weißen Holze (Mondringe) oder auch wohl einen ganzen, geschlossenen Ring aus braunem, zerstörtem Gewebe. Bei dem Spalten des Holzes löst sich dann der innere Holzcylinder in dem braunen Streifen von dem äußeren Hohlcylinder (Kernschäle). Natürlich lassen sich aus solchen Stämmen keine Bretter schneiden. Schließlich kommen wir auf einen Punkt, dessen Bedeutung in der Praxis selten gewürdigt wird: das Absägen starker Äste. Es giebt ja Fälle, in denen sich dieses Verfahren nicht umgehen läßt, wie z. B. bei dem Abwerfen der Krone behufs Umpfropfen eines Obstbaumes oder bei Wind- und Schneebruch; aber es giebt auch viele Gelegenheiten, bei denen sich dieses immerhin gefährliche Experiment vermeiden ließ und leichtsinnigerweise nicht vermieden wird. Ganz besonders häufig ist dies der Fall bei dem Ziehen der Telegraphendrähte an bepflanzten Chausseen, bei dem Ausholzen und teilweis bei dem Aufästen.

Die Beschädigungen sind zweierlei Art: erstens entstehen Wundflächen, die viele Jahre bis zu ihrer gänzlichen Überwallung brauchen und während dieser Zeit Eingangsthore für holzzerstörende Pilze bilden; zweitens wird das Gleichgewicht im Kronenbau häufig derart gestört, daß durch ein plötzliches Auftreten zahlreicher Wasserreiser die Baumkrone zunächst im Innern zu sehr verdichtet wird und dann noch ein Absterben wagrechter, fruchttragender Äste an der Peripherie der Krone erfolgt.

Diejenigen, welche das Entfernen starker Äste für wenig belangreich ansehen, stützen sich darauf, daß im Waldbetrieb das Verfahren noch häufig geübt wird, um möglichst gerade Stämme zu erlangen und daß man dort auch von selbst größere Äste aus Lichtmangel zu Grunde gehen sieht, ohne daß der Haushalt des Baumes einen Schaden leidet.

In beiden Fällen ist die Stütze hinfällig. Erstens erweist sich bei den Forstkulturen die Entnahme starker, lebendiger Seitenäste (behufs Beförderung des Gipfeltriebes) die sog. „Grünästung" vielfach wirklich als Ursache von Stammfäule und zweitens ist bei der Selbstreinigung des Baumes durch die zunehmende Beschattung die Bruchfläche eines stärkeren

Astes vorher abgestorben, mit Thyllen oder Gummipfropfen verstopft und zur Pilzbesiedlung untauglich.

Natürlich verhalten sich die einzelnen Baumarten gegenüber so starken Eingriffen verschieden. Während bei den Nadelhölzern die Wundfläche verharzt und das Holz des Aststumpfes verkient, die Natur also selbst einen Wundschutz bietet, ist dies bei den Laubbäumen nicht der Fall. Bei unsern Obstbäumen läßt sich beobachten, daß Schnittflächen von 3—5 cm Durchmesser, die in 6—8 Jahren überwallen, immer braune Flecke veränderten Holzgewebes im Stamm selbst erzeugen; bei größeren Schnittflächen ist dies noch weit mehr der Fall. Hier ist oftmals der Eintritt der Fäulnis des Aststumpfes unvermeidlich und die Stammfäule die unausbleibliche Folge. Selbst der beste künstliche Wundschluß erweist sich meist nicht als ausreichend, weil der bloßgelegte Holzkörper der breiten Wundfläche später durch Vertrocknen Risse bekommt und von ihnen aus die Holzfäule beginnt.

§ 31. — Auf welche Weise befördert man den natürlichen Wundheilungsprozeß?

Zunächst müssen wir wissen, welche Vorgänge sich bei der natürlichen Wundheilung vollziehen. Hierbei kommt es auf das Alter des verwundeten Pflanzenteils in erster Linie an, da ein Heilungsvorgang um so schneller eintreten wird, je jüngere Gewebe dabei beteiligt sind. Wenn wir z. B. eine Wurzel nur der äußersten, noch gänzlich meristematischen Spitze berauben, so tritt die ganze Wundfläche in Zellvermehrung und die Spitze kann sich vollständig regenerieren. Schneidet man dagegen eine Achse in der Region unterhalb der Spitze ab, wo die Gewebe sich schon differenziert haben und ein Holzring sich gebildet hat, so bemerken wir nicht nur bereits eine Verlangsamung des Heilungsprozesses, sondern sehen auch, daß nicht mehr sämtliche Gewebe der Schnittfläche am Wundschluß teilnehmen; die äußersten, ältesten Rindenpartien, der Holzkörper und vielfach auch schon das Mark treten nicht mehr in Zellvermehrung.

Am einjährigen Zweige beschränkt sich die Bildung neuer Zellen, welche sich über die Wundfläche allmählich zu lagern beginnen, auf die Cambiumzone. Es ist das allerdings nicht blos die Cambiumzone des Anatomen, d. h. die ausschließlich meristematische Zelllage, sondern auch die zu beiden Seiten anstoßenden Zellreihen, welche schon die jüngste Rinde und das jüngste Holz bilden, aber immerhin ist es nur ein schmaler Ring im Umkreis des Holzkörpers, welcher die Fähigkeit hat, Vernarbungsgewebe zu bilden. Bei

manchen Pflanzen (Tilia) kann an einjährigen Zweigen wohl auch unter günſtigen Verhältniſſen der Markkörper an ſeiner Peripherie noch einmal in Zellvermehrung treten, indeß iſt dieſe Mitwirkung im allgemeinen belanglos. Das aus dem Cambiumringe ſich über eine Wundfläche hervorwölbende Gewebe beſteht zuerſt aus ſehr zarten, meriſtematiſchen, farbloſen Zellen (Callus); ſpäter differenzieren ſich dieſe Zellreihen derart, daß die äußeren Partien zu Rinde werden, während die nach der Holzfläche hin liegenden Reihen zu kurzzelligem Holze ſich ausbilden. Durch dieſe Differenzierung iſt aus dem Wundcallus der ſog. Überwallungsrand hervorgegangen und derſelbe iſt alſo gleichſam eine aus der Schnittfläche hervorquellende Fortſetzung der Gewebe geworden, welche den Zweig zuſammenſetzen. Die Hauptſache iſt, daß auch die Cambiumzone des angeſchnittenen Zweigteils in den nach innen gekrümmten Überwallungsrand ſich fortſetzt. Auf der Thätigkeit der Cambiumzone beruht das alljährliche Wachstum des Überwallungsrandes, der ſich ſchließlich wie eine Kappe über die Schnittfläche legt. (Fig. 23, 24, 25.)

Der Vorgang der Callus- und Wundrandbildung läßt ſich an den nebenſtehenden Figuren deutlich verfolgen. In Figur 23 iſt die Callusbildung von ſeiten einer bloßgelegten Holzfläche dargeſtellt; ein ſolcher Vorgang tritt unter günſtigen Verhältniſſen an allen Stämmen ein, denen die Rinde zur Zeit kräftiger Cambialthätigkeit abgeſchält worden iſt. In dieſem Falle erheben ſich die jüngſten, auf der Holzfläche ſtehengebliebenen Zellelemente und bilden zarte Zellreihen c, die zu einem lückenlos ſchließenden Gewebe verbunden ſind. An der Bildung desſelben beteiligen ſich ſowohl die Zellen, welche die Fortſetzung der Markſtrahlen bilden m, als auch die über den Holzfaſern liegenden l. Im Verhältnis zu dem ſchon fertigen Holze h erſcheinen die Zellen des neu entſtehenden Gewebes ungemein dünnwandig und inhaltsreich; namentlich aber zeichnen ſie ſich dadurch aus, daß ſie immer an der Spitze fortwachſen und dadurch charakteriſiert ſich das Gewebe als Callus. Später erliſcht dieſes Spitzenwachstum und in den

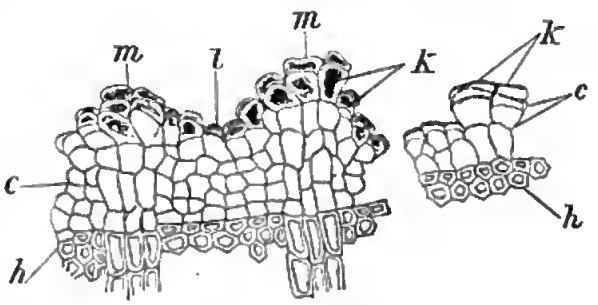

Fig. 23.
Callusbildung auf einer Schälſtelle des bloßgelegten Holzkörpers von Tilia europaea.
(Buchſtabenerklärung im Text.)

letztgebildeten und den darunterliegenden Zellen entſtehen engliegende parallele Wände, welche verkorken und auf dieſe Weiſe einen ſchützenden Korkmantel k um das zarte Gewebe legen. Damit iſt die Fortentwicklung des Gewebes als Callus abgeſchloſſen; es entſteht nun innerhalb der Maſſe c ein neuer Meriſtemſtreifen, alſo eine in Vermehrung bleibende Zellenlage parallel zum alten Holze h und dieſer Streifen verhält ſich wie eine echte Cambiumzone, indem er nach h hin neue Holzelemente, nach m, l, k hin Rindengewebe produziert. Auf dieſe Weiſe hat ſich die bloßgelegte Stammfläche mit einem neuen Rindenmantel bekleidet.

In Fig. 24 iſt eine andere Art der Callusbildung dargeſtellt, auf welche wir bei dem Prozeß des Spaltpfropfens zurückkommen werden; hier bildet ſich der Callus ganz in der beſchriebenen Weiſe aus den Zellen der Markkrone. Die Figur iſt aufzufaſſen als die eine Seite des innerſten Winkels eines Keilſchnittes, den man in einen Wildling beim Spaltpfropfen macht. Der Schnitt iſt bis auf das Mark m gegangen und hat den Holzkörper h in der Linie sch geſpalten. Die entgegengeſetzte Seite des Spaltes links von c iſt in der Zeichnung weggelaſſen. Infolge des Schnittes iſt nun der verhältnismäßig ſpärlich zu beobachtende Fall eingetreten, daß die Zellen, die den Übergang vom Holz zum Mark vorſtellen, alſo die Markkrone m k, ſich hervorgewölbt und geteilt haben, und eine beträchtliche Callusbildung, die von c bis c reicht, hervorgerufen haben. Dieſe Callusmaſſe ergießt ſich in den Spalt der Veredlung und vervollſtändigt die Verwachſung, die durch ein ähnliches, reicheres, von der Rinde herkommendes Gewebe hauptſächlich veranlaßt wird. o ſind die Kryſtalle von oxalſaurem Kalk, die in den allmählich zu Parenchym werdenden Callus-zellen ſtreifenweis entſtehen.

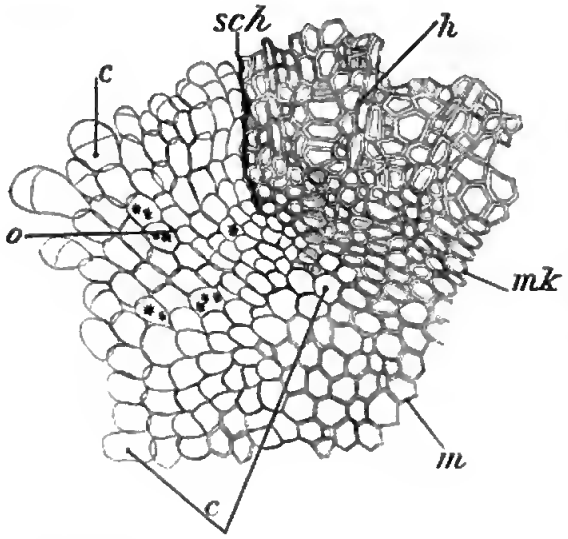

Fig. 24.

Callusbildung von ſeiten des Gewebes der Markkrone im einjährigen Zweige von Tilia europaea.

(Buchſtabenerklärung im Text.)

In Fig. 25 sehen wir den Vernarbungsvorgang und die Bildung des Überwallungswulstes von der Rinde aus. Die Rinde war durch einen Schnitt getrennt worden, der in der Richtung des Pfeils sch bis auf das alte Holz a h hinablief. Der Leser erinnere sich, daß wir den Querschnitt eines Zweiges vor uns haben. Zur Zeit des Schneidens lag die

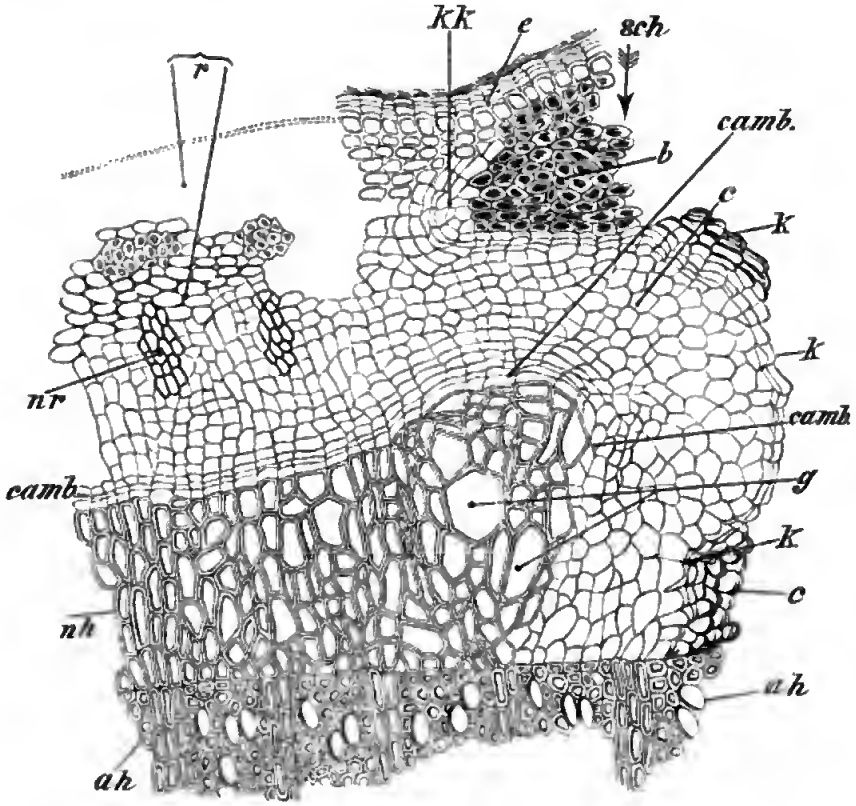

Fig. 25.

Bildung des Überwallungsrandes bei einem bis auf das alte Holz reichenden Einschnitt in die Rinde eines Zweiges von Tilia europaea. Die rechte Seite der Zeichnung ist die Schnittfläche, bei welcher das Messer bis auf das alte Holz a h hinabgegangen ist. Links geht das Gewebe in den unverletzten Zweigteil über.

(Buchstabenerklärung im Text.)

Cambiumzone des Zweiges (camb) direkt auf dem alten Holze a h; auf der Außenseite grenzte an das Cambium die alte Rinde r. Nachdem der Schnitt ausgeführt, wölbten sich sofort die noch vermehrungsfähigen Rindenzellen und die Zellen der Cambiumzone in die Wunde hinein und bildeten Callus (c und c). In kurzer Zeit entstand in den letztgebildeten Callus-

zellen eine ſchützende Korklage, (k und k) und dieſe ſetzte ſich rückwärts fort in die Korkſchicht (k k), welche in der alten Rinde von dem Epidermiskork (e) ausgegangen war und den angeſchnittenen und infolgedeſſen abgeſtorbenen Hartbaſtſtrang (b) vom lebendigen Rindengewebe abgetrennt hatte. Damit war eine zuſammenhängende Schutzzone um die verwundet geweſene Rinde hergeſtellt und nun bildete die Cambiumzone (camb) wieder nach innen neues, allerdings ſehr lockeres, mit großen, kurzen Gefäßröhren (g) verſehenes Holz (n h) und nach außen hin Neurinde (n r), wodurch die alten, ehemals aufeinander liegenden Gewebe des Zweiges (das alte Holz a h und die alte Rinde r) immer weiter auseinandergeſchoben, die Cambiumzone (camb) immer weiter vom alten Holz (a h) abgedrängt wurde. An der ehemaligen Schnittfläche krümmt ſich nun die Cambiumzone (camb) ſchneckenförmig hinab in den ehemaligen Callusrand hinein und bildet auch dort die Holz- und Rindenelemente des ſich lippenartig vorwölbenden Überwallungsrandes.

Stellen wir uns einen quer abgeſchnittenen Aſt vor, ſo finden wir natürlich den eben beſchriebenen Überwallungsrand über die Querſchnittfläche von der Rinde aus ſich allſeitig wulſtartig überlagernd und mit ſeinen Rändern alljährlich mehr ſich nähernd, bis endlich die Wulſtränder in der Mitte zuſammentreffen und verſchmelzen und damit eine Kappe über die Schnittfläche des ſtehengebliebenen Aſtteils bilden.

Bei dieſem Überwallungsvorgange einer Aſtwunde iſt zu betonen, daß die Holzfläche derſelben wohl von dem Überwallungsgewebe gedeckt werden kann, aber niemals mit demſelben verwächſt. *Alte, fertig verdickte Holzzellen können niemals neue Zellen erzeugen und auch niemals mit anderem Gewebe verwachſen.* Es kann ein Überwallungsrand ſich noch ſo feſt und eng auf die Holzſcheibe einer Schnittfläche auflegen, ſo kann er dieſelbe doch niemals ernähren, ja auch nicht einmal vor Zerſetzung ſchützen. Das ſieht man am beſten an überwallten Eichenſtumpfen. Dort haben ſich oft die Überwallungsränder zu einer vollſtändigen Kappe über der Schnittfläche vereinigt; ſchlägt man aber die Kappe los, ſo findet man das Holz des ehemaligen Aſtſtumpfes vermodert und vermorſcht.

Je ſchneller eine Wunde überwallt, deſto geringer iſt die Gefahr einer Fäulnis des Holzkörpers.

Die Schnelligkeit der Überwallung wird abhängen von dem Verhältnis, in dem die Cambiumzone zu der zu umwallenden Holzfläche ſteht und dieſes Verhältnis iſt um ſo ungünſtiger, je größer der Querſchnitt der Wunde iſt.

Ferner wird bei zwei gleich großen Wundflächen diejenige schneller geschlossen werden, bei der die cambiale Thätigkeit eine größere ist. Die Größe der Zellvermehrung hängt aber von der Nahrungsmenge ab, die dem Cambium zugeführt wird und diese ist wieder abhängig von der Lage und Form der Wundfläche.

Die Lage der Wunde ist insofern von Einfluß, als verschiedene Stellen der Achse in verschiedenem Grade ernährt werden. Wenn über einer Wunde noch viel belaubte Zweige sich befinden, die reichlich plastisches Material liefern, werden die herabwandernden Baustoffe an der Wundfläche eine üppige Überwallung ermöglichen.

Die Form der Wunde ist auch nicht belanglos. Sehen wir eine Stelle z. B. an, bei der ein Holzspan aus einem Stamm herausgeschnitten ist, so bemerken wir, daß der stärkste Überwallungsrand der obere ist. Dies kommt daher, weil das plastische Baumaterial von der Krone her abwärts sinkt und durch die obere Wundkante ein Halt geboten bekommt, sich also dort am meisten sammelt. Ist die Wunde im Verhältnis zu ihrer Höhe sehr breit, so wird sehr viel Material angehalten und die Vernarbung erfolgt schneller, als wenn die größte Ausdehnung einer Wundfläche von derselben Größe in der Längsrichtung des Stammes verläuft.

Ganz besonders bemerkenswert ist aber der Unterschied in der Überwallung zwischen Quer und Längswunde. Wenn ich einen Zweig quer abschneide, so giebt es keinen Blattapparat über der Schnittfläche und der Cambiumring derselben muß sein Material für die Bildung des Überwallungsrandes aus der nächsten Umgebung beziehen. Da aber plastische Stoffe nur auf sehr kurze Strecken aufwärts steigen, so kann der Überwallungsrand nicht sehr an Ausdehnung gewinnen und daher sieht man, daß verhältnismäßig kleine Querwunden, falls sie weit von einem Auge entfernt sind, sehr spät oder gar nicht sich schließen. Die früher erwähnten Zapfen an den Obstbäumen zeigen stets eine ganz geringe Vernarbung. Man sucht sich deshalb die Stelle in nächster Nähe eines Auges aus, wenn man den Zweig abschneiden will, weil erstens an dieser Stelle mehr Reservestoffe liegen, als im übrigen Teil des Zweiggliedes und weil ferner der aus dem Auge sich entwickelnde Zweig alsbald so viel Baumaterial abwärts sendet, daß der Überwallungsrand der Wundfläche sich bald schließt.

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich als allgemeine Regel, daß *Wunden um so leichter überwallen, je weniger zahlreich sie an einer Achse auftreten, je geringer ihre Ausdehnung ist, je mehr sie sich von der Wagrechten (also der Form eines Quer-*

schnitts) entfernen und zu Längswunden werden und je mehr Blattapparat über ihnen in Thätigkeit bleibt.

Die künstliche Nachhilfe, die wir leisten, wird sich also in diesen Richtungen zu bewegen haben. Deshalb schneiden wir einen Zweig mit langer, schräger Schnittfläche meist dicht über einem Auge. Es wird ferner empfohlen, die Zweige mit scharfem Messer zu schneiden und bei starken Ästen die Sägefläche wenigstens an der Peripherie mit dem Messer nachzuschneiden. Ist die Wundfläche sehr rauh, indem die angeschnittenen und absterbenden Zellen in verschiedener Höhe ausmünden, dann bleibt das atmosphärische Wasser reichlich und lange an der rauhen Oberfläche haften und bietet eine günstigere Gelegenheit zur Ansiedlung und Keimung der Pilzsporen. Bei großen, viele Jahre hindurch unüberwallt bleibenden Wunden ist es notwendig, die Wundfläche vor dem Einfluß der Atmosphärilien zu schützen. Von all' den vielen Salben und Kitten, die empfohlen werden, verdienen diejenigen den Vorzug, die denselben Effekt hervorbringen, den die Natur bei den Nadelhölzern von selbst erzielt. Da aber Harzglasuren bei der Verwendung im großen noch zu teuer sind, so benutzt man den Teeranstrich. Wegen der Sprünge, die eine alternde, offene Wunde allmählich bekommt, empfiehlt sich eine spätere Wiederholung des Teerens.

§ 32. — Giebt es Hilfsmittel, welche die Wirkung des Schnittes unterstützen können?

Nicht immer erzielt man durch den Schnitt die gewünschten Erfolge und dies gilt namentlich für unsere Bemühungen, die Fruchtbarkeit zu beschleunigen und zu erhöhen. Infolgedessen sind mit der Zeit eine Anzahl operativer Hilfsmittel zur Anwendung gelangt, deren Natur wir jetzt einer Prüfung unterwerfen wollen.

a) Das Biegen der Zweige.

Das den pflanzlichen Haushalt am wenigsten Irritierende ist das Biegen der Zweige.

In den meisten Fällen erfolgt dieser künstliche Eingriff derart, daß Zweige, welche in einem gewissen Winkel zur Senkrechten stehen, der Horizontalen mehr genähert werden. Aus dem Vorhergehenden wissen wir bereits die Wirkung des Verfahrens. Zunächst wird die Stärke des rohen Nährstoffstromes für die einzelnen Augen verändert. Bei dem in natür-

licher Lage befindlichen Zweige sind die Gipfelaugen in der Wasserversorgung und Entwicklung die bevorzugten. Neigt man den Trieb im Bogen derart, daß die Spitze tiefer zu liegen kommt als der mittlere Teil, so entwickeln sich in kurzer Zeit die auf der Höhe des Bogens stehenden Augen. Legt man den ganzen Zweig in eine horizontale Ebene, so wird die Wasserzufuhr zum gesamten Zweige vermindert, da die Biegungsstelle an der Zweigbasis ein Hindernis für den zur Gipfelknospe strebenden Wasserstrom ist.

Wenn man einen stark gebogenen Zweig auf der Unterseite der Biegungsstelle betrachtet, dann bemerkt man, daß die Rinde dort mehrfach runzelig zusammengedrückt ist. Dies ist erklärlich, da die untere Rindenseite innerhalb der Krümmung auf einen kleineren Raum durch das Biegen zusammengepreßt wird. Den äußeren Runzeln entspricht nun eine innere Verletzung, die darin besteht, daß der Rindenkörper sich an dem Biegungsknie vom Holz losgelöst hat. Von der auf diese Weise entstandenen Lücke zwischen Rinde nnd Holz ist äußerlich nichts wahrzunehmen und später bemerkt auch die mikroskopische Untersuchung keinen Hohlraum mehr im Innern des Zweiges, sondern ein weißliches, erhärtetes Gewebe. Es hat sich kurzzelliges, parenchymatisches, stärkereiches Neuholz gebildet. Jede starke Zweigbiegung enthält somit innerhalb der Biegungsstelle eine Lockerung der Zweigunterseite und eine erhöhte Spannung auf der Oberseite, deren Elemente durch das Biegen verlängert werden mußten und dadurch eine Zusammenpressung erfahren haben. Durch das Zusammenpressen der Oberseite sind sowohl die Leitungswege für das von der Zweigspitze herkommende, rindenläufige, plastische Baumaterial, als auch für das in den Holzröhren steigende, von der Wurzel kommende Wasser verengt; die Leitung ist somit verlangsamt; durch ihre Knickung verursachen die Gewebe auf der Unterseite eine ähnliche Störung. Die starke Biegung eines Zweiges hat somit stets zur Folge, daß die rohe Bodenlösung in veringertem Maße nach der Zweigspitze hin gelangen und die von derselben herkommenden Assimilate schwerer nach der Zweigbasis kommen können. Letztere stauen sich vor der Biegungsstelle an der Spitzenseite des Zweiges; das Bodenwasser aber vor der nach der Zweigbasis hin gerichteten Seite des Bogens.

Jede Biegungsstelle wirkt also wie eine Barriere in den Strombahnen. Oberhalb derselben stauen sich die plastischen Stoffe und ermöglichen durch ihre Anhäufung der Reservestoffe eine leichtere Ausbildung der Augen zu Blütenknospen; unterhalb der Barriere werden die Augen reichlicher mit Wasser versorgt und dadurch angeregt, zu kräftigen Laubzweigen sich zu entwickeln.

Digitized by Google

Die Wirkung des Biegens beruht im wesentlichen auf der mechanischen Veränderung, welche die Gewebe an der Krümmungsstelle erfahren und muß daher auch eintreten, wenn Zweige, die in ihrer natürlichen Lage nach abwärts gerichtet, in starkem Bogen nach aufwärts gewendet werden.

b) Das Drehen der Zweige.

In derselben Richtung, aber weit energischer wirkt das Drehen. Der Zweig wird dabei innerhalb der Vegetationsperiode in einer schon verholzten Region zuerst, während er noch in seiner natürlichen Lage ist, durch halbseitiges, schraubiges Drehen um seine Längsachse gelockert, meist dabei auch schon gequetscht und der Länge nach innerlich gespalten und dann an dieser gelockerten Stelle mit seiner Spitze schleifenartig nach unten gebogen, so daß, wie bei dem sog. „Schlüsselband" (beim Anbinden der Bäume mit Weidenruten), die Spitze des Zweiges dauernd in der nach der Basis gerichteten Lage verbleibt. An der Drehungsstelle kommt die Zweigunterseite nach oben zu liegen; der Holzkörper ist bis zum Mark in spiralig gedrehte Streifen gespalten.

Die Drehungsstelle erwächst zu einem knotigen Gebilde, bei welchem das Mikroskop zeigt, daß die inneren Risse durch Parenchym ausgefüllt werden und die allmählich sich wieder zu einem zusammenhängenden Ringe gestaltende Cambiumzone wellige Neuholzschichten um die zerklüftete Partie gelegt hat.

Durch die Zerspaltung und Brechung der Holzelemente und die spiralige Drehung der meistens mehrfach einreißenden Rinde verzichtet man auf eine Benutzung des über der Drehungsstelle liegenden Zweigteils und beabsichtigt nur, den Wasserauftrieb zu schwächen und das von der Spitze trotzdem noch bereitete Assimilationsmaterial für die unteren Augen zu verwerten.

Bei dem Absenken der Quitten dreht man auch bisweilen den abzusenkenden Zweig um seine Längsachse an der Stelle, an welcher er in der Erde Wurzel bilden soll. Das an der Drehungsstelle sich anhäufende, von der Zweigspitze kommende, plastische Baumaterial wird zur Bildung der Adventivwurzeln Verwendung finden.

In Kaukasien soll es stellenweis bei den Weinbauern üblich sein, die Stiele der reifen Weintrauben zu drehen, um dadurch einen besonders guten Wein zu erzielen. Die Erklärung für die Wirksamkeit der Manipulation ergiebt sich aus dem oben Erwähnten: die Wasserzufuhr aus

der Rebe in die Traube wird gemäßigt, während die Verdunſtung der Beeren dieſelbe bleibt; der zuckerhaltige Beerenſaft muß ſomit konzentrierter werden. Der Atmungsprozeß, bei welchem ein Teil der organiſchen Säuren zu Kohlenſäure oxydiert wird, erleidet durch das Drehen keine Unterbrechung.

Die ſchärfſte Hemmung ſtellt das Einbrechen der Zweige dar. Dadurch daß man den ſchon verholzten Trieb in der paſſenden Höhe über die Meſſerklinge bricht, ſtellt man eine durchgängig ſplitterige Wundfläche her. Die Spitze hängt meiſt nur noch an der Rinde und in einzelnen Splintſtreifen mit dem übrigen Zweige zuſammen und vertrocknet um ſo ſchneller, je verholzter die Region ſchon geweſen, in welcher der Bruch ausgeführt worden. Iſt der Trieb noch weich, ſo zerſplittert der Holzkörper nicht und das herabgeknickte Zweigende hebt in kurzer Zeit ſeine Spitze wieder im Bogen aufwärts und wächſt ſehr langſam weiter.

c) Das Einkerben.

Der Obſtzüchter iſt oft genötigt, zur Erzielung regelmäßiger Baumformen an einer ganz beſtimmten Stelle ein Auge zur Entwicklung zu bringen, ohne den übrigen Zweigteil in ſeiner Lage und Beſchaffenheit ändern zu können. In ſolchen Fällen iſt das Kerben am Platze, d. h. die Entnahme einer ſchmal ſichelförmigen, eine halbe Zweigſeite umfaſſenden Rinden- und Jungholzpartie in unmittelbarer Nähe oberhalb des Auges. Damit iſt die Waſſerleitung nach oben auf dieſer Zweigſeite vermindert, das umrahmte Auge dadurch aber in ſeiner Waſſerzufuhr gefördert und zur Streckung veranlaßt. Macht man die Einkerbung unterhalb eines Auges, ſo ſchneidet man meiſtens ſogar in die Gefäßſtränge hinein, welche aus dem Zweigglied in das Blatt hinaustreten und dicht unter demſelben ſchon in der Rinde zu finden ſind. Die von oben kommenden plaſtiſchen Stoffe erfahren eine Hemmung und ſchlagen ſich meiſt in Form von Stärke in allen parenchymatiſchen Zellen der nächſten Umgebung des Auges nieder. Dieſe Speicherung iſt bedeutend, weil da, wo das Auge aus der Achſe abgeht, der Holzring durchbrochen iſt und eine parenchymatiſche Brücke direkt vom Markkörper quer durch das Holz zur Knoſpe geht. Es iſt alſo ſehr weſentlich, wenn die Umgebung einer Knoſpe ſich mit Baufſtoffen füllen kann und gleichzeitig der Waſſerauftrieb vermindert wird. Unter ſolchen Umſtänden entſtehen leicht Blütenanlagen. Entwickelt ſich zunächſt ein Trieb, ſo bleibt derſelbe aber kurzgliederig (Kurztrieb) bisweilen faſt büſchelförmig und zur Anlage von Blütenknoſpen bald geneigt.

Wenn die Kerbstelle vernarbt, so wird sie auch für das nächste Jahr noch nicht bedeutungslos, da das Wundholz an der Vernarbungsstelle kurz- und weitzellig anfangs sich ausbildet und auch als Stärkespeicher funktioniert. Immerhin ist es aber geraten, das Einkerben zu wiederholen, falls im ersten Jahre nicht der gewünschte Erfolg erzielt wird.

Was hier vom Auge gesagt ist, bezieht sich auch auf einen Zweig und Ast. Der Stärke der Achse ist natürlich die Größe des Kerbschnittes anzupassen. Während bei dem einjährigen Zweige die Entnahme eines 1—4 mm breiten Rindenstreifens in der Regel ausreichend ist, kann sich die Breite des Einschnitts bei starken Ästen bis auf 1 cm steigern. Als die geeignetste Zeit der Ausführung ist der Herbstanfang anzusehen, weil die Knospe noch im Herbst von den veränderten Ernährungsverhältnissen Vorteil ziehen kann.

d) Das Ringeln.

Unter Ringeln versteht man die Entfernung eines schmalen, ringförmigen Rindenstreifens während der Periode kräftiger Cambialthätigkeit, in welcher sich die Rinde vom Holze am leichtesten und vollkommensten abheben läßt. Die Wunde wird alsbald trocken, indem das bloßgelegte, jüngste Holz (der Splint) an seinen äußeren Lagen zusammentrocknet. Damit ist ein Teil der Wasserleitungswege nach oben in Wegfall gekommen und ebenso fehlt die geringe aber immerhin vorhandene Wasserversorgung innerhalb der Rinde. Daß eine solche von Zelle zu Zelle stattfindet, sieht man bei dem Abheben von Rindenstreifen, die man am oberen Ende mit dem Zweige in Verbindung läßt. Verhindert man durch Überlegen eines Glascylinders die Verdunstung, dann bemerkt man, daß die Rindenstreifen zwar am unteren Ende absterben, aber in der Nähe ihrer oberen Anheftungsstelle straff bleiben und sogar neues Holz auf ihrer Innenfläche bilden. Es bewegen sich also Wasser und Nährstoffe auf kurze Strecken im isolierten Rindenkörper und unterstützen die Hauptleitung im Holz. Außer durch die Unterbrechung im leitenden Gewebe erleidet der aufsteigende Wasserstrom auch dadurch eine Schwächung, daß von der bloßgelegten Holzfläche Wasser verdampft.

In der oberhalb der Ringelstelle liegenden Zweigpartie vermindert sich mit der Wasserzufuhr der Hauptstreckungsfaktor der Zellen, der Turgor; die Zellstreckung ist geringer und diese äußert sich im verminderten Spitzenwachstum und geringerer Länge der Zweigglieder. Das plastische Material, das von der Spitze kommt, wird oberhalb der Ringelstelle zunächst zurückgehalten, bedingt also eine reichlichere Zellvermehrung im Cambiumringe

und größere Anhäufung von Reservestoffen. Wir sehen den Durchmesser der oberen Zweigpartie gegenüber der unterhalb des Ringelschnittes gelegenen auffallend zunehmen.

Verkürzung der Internodien und Vermehrung der Bau- und Reservestoffe sind die erste Einleitung zur Fruchtholzbildung; somit wird durch den Ringelschnitt die Fruchtbarkeit der Zweige schneller herbeigeführt. Geringelte Zweige treten früher in die Herbstfärbung ein und reifen ihre Früchte zeitiger. Eine solche Beschleunigung der Reife ist besonders bei spätreifenden Weinsorten in feuchten Jahren erwünscht, da sonst die Trauben überhaupt nicht reifen. Der Erfolg wird aber mit Sicherheit erst dann zu erwarten sein, wenn man, namentlich bei amerikanischen Arten und Hybriden, viel Jungholz an der Ringelstelle abkratzt. Die zahlreichen, sehr weiten Holzgefäße führen nämlich der Spitze noch sehr beträchtliche Mengen Wasser zu, so daß das Spitzenwachstum kaum beschränkt erscheint. Beim Weinstock wird diese Manipulation, die früher als „pomologischer Zauberring" in der Litteratur erwähnt wurde, gegen das Abwerfen der Beeren (Verrießen der Trauben) angewendet.

Als eine regelmäßig in die Baumbehandlung einzureihende Verrichtung wird der Ringelschnitt niemals gelten können; er bleibt eine gewaltsame, nur in Ausnahmefällen zulässige Manipulation, die das frühe Absterben des Zweiges meist nach sich zieht. Nur da, wo man den ganzen Zweig opfern kann und will, soll man ringeln. Es handelt sich nicht blos um den oberhalb der Wundstelle liegenden Teil, der leicht abbricht, sondern auch um die Zweig- oder Astbasis; denn da dieselbe von oben her kein Baumaterial empfängt, hungert der Cambiumring und die Knospen bleiben durch ihre mangelhafte Ernährung unfruchtbar.

Viel günstiger stellt sich die Sache, wenn der Ringelschnitt an sehr üppigen Exemplaren derartig schmal ausgeführt wird, daß die Wundstelle sich durch Überwallung innerhalb derselben Vegetationsepoche noch schließen kann. Mit der Herstellung der Verbindung kann der obere Teil sein Spitzenwachstum wieder voll aufnehmen und der untere Teil empfängt das nötige Material zur normalen Verdickung des Holzringes und zur Ausbildung der Augen. Sicher wird dieser Erfolg erreicht, wenn man den Achsenteil durch Umlegen eines Drahtringes schnürt. Das Wachstum des Holzkörpers ist an dieser Stelle zunächst derartig geändert, daß die Holzfasern dichter liegen, weniger Gefäße zwischen sich eingelagert zeigen und sich stark seitwärts drehen; später, wenn die Überwallung des Drahtes anfängt, entsteht durch Reißen der Rinde ein weiches Holz aus kurzen, weiten,

Digitized by Google

parenchymatischen Holzzellen. Natürlich ist, so lange der Draht nicht überwallt ist, der geschnürte Zweig auch leicht abbrechbar; sonst aber braucht man um seine Weiterentwicklung keine besondere Sorge zu tragen. Man sieht zwar, daß eine tiefe Schwarzfärbung des Holzes in der Umgebung des Schnürdrahtes sich einstellt; aber dieselbe kann meist außer Acht gelassen werden. Sie entsteht durch Verbindung der Gerbsäure mit dem Eisen und zieht sich tief in das alte Holz hinein. Indes sind die nach der Überwallung in den folgenden Jahren sich überlegenden Splintschichten das Hauptleitungsgewebe, welches zur Wasserversorgung für den Gipfelteil der Achse genügt. Wie ausreichend die Splintlagen für die Wasserversorgung der Krone sind, ersehen wir an hohlen Weiden.

e) Das Schälen der Stämme.

Der gewaltthätigste künstliche Eingriff in das Baumleben, bei dem es sich um das Sein und Nichtsein des Individuums handelt, ist die Entrindung der Stämme. Man entfernt während der Vegetationsperiode von einem starken Aste oder dem Stammorgan den ganzen Rindenmantel auf eine Strecke von 20 bis 100 cm. Wir üben also eigentlich dabei ein Ringeln im größten Maßstabe aus und greifen zu diesem Verfahren, wenn alle andern Mittel behufs Herbeiführung der Fruchtbarkeit eines Baumes sich als unwirksam erwiesen haben.

Die Gefährlichkeit des Schälens liegt in der Unsicherheit der Heilung der großen Wundfläche; unmöglich aber ist dieselbe keineswegs.

Der Heilungsvorgang ist hier aber ein ganz anderer, als bei allen bisher betrachteten Operationen, bei denen die Wunden durch Bildung und Vereinigung der Überwallungsränder sich schlossen. Bei einer Wundfläche, deren oberer Rand von dem unteren bisweilen 1 Meter entfernt ist, kann selbstverständlich von einem Begegnen der Überwallungswülste nicht die Rede sein. Und dennoch heilt eine Schälblöße, wenn sie überhaupt heilt, schneller als eine Ringelblöße, bei der das Messer das jüngste Holz mit abgekratzt hat.

Bei der Heilung der Schälstelle kommt alles darauf an, das jüngste Holz unberührt zu erhalten; aus ihm heraus bildet sich das Vernarbungsgewebe. (Siehe Fig. 23). Wie sehr es gerade davon abhängt, die Splintlagen ganz unverletzt zu lassen, sehen wir an den Stellen, an welchen das Messer die Längsschnitte ausgeführt, um die Rindenstreifen ablösen zu können. Die Manipulation, die eben nur dann ausgeführt werden kann,

Digitized by Google

wenn die cambiale Thätigkeit ſehr ſtark iſt, alſo eine ſehr zarte Zellſchicht zwiſchen Rinden- und Holzkörper ſich befindet, wird damit eingeleitet, daß man einen (oder bei ſtarken Stämmen) mehrere Längsſchnitte (Schröpfſchnitte) bis auf das Holz macht. Die Längsſchnitte gehen von dem oberen kreisförmigen Schnitt bis zum unteren der beabſichtigten Schälſtelle. Da wo Längs- und Querſchnitt zuſammentreffen, beginnt man die Rinde zu lüften, faßt das emporgehobene Ende und zieht es, ſoweit es hält, vom Holze ab. Wenn ſich die Rinde gut „löſt," iſt die Schälblöße glatt und ſaftglänzend.

Iſt die Schälſtelle glatt, ohne daß faſerige Rindeninſeln auf dem nackten Holzkörper haften geblieben ſind, ſo iſt Ausſicht für das Gelingen der Prozedur vorhanden. Im andern Falle iſt die Heilung unvollſtändig oder überhaupt ausbleibend.

Schon nach wenigen Tagen erlangt man ein Urteil, ob der Baum am Leben bleiben oder infolge der mißlungenen Operation zu Grunde gehen wird. Im letzteren Falle wird nämlich die Schälblöße ſtumpf, grau und mit ſchwärzlichen Strichelchen verſehen. Es ſind die Knoſpenformen holzbewohnender Rußtaupilze, welche ſich anſiedeln und die Färbung erzeugen. Nimmt dagegen der Heilungsvorgang einen günſtigen Verlauf, ſo wird die Wundfläche ſtumpf, gelblich-grün und geſtattet in wenigen Wochen das Eindrücken des Fingernagels in eine zarte Gewebeſchicht, welche ſich bereits über das nackte Holz gelagert hat.

Dieſes Gewebe geht aus Vermehrung der Zellen hervor, welche das jüngſte Holz darſtellen und die unbeſchädigt durch das Zerreißen der über ihnen befindlich geweſenen Cambiumlage noch an dem Tage der Operation anfangen, ihre äußere Wandung zu verdicken und ſich auf dieſe Weiſe gegen die Einflüſſe der Witterung zu ſchützen. Bisweilen wird die Schutzſchicht ſofort noch derber, indem die äußerſte der ſtehengebliebenen Zellſchichten zuſammenſinkt und erſt die darunterliegende Gewebelage in Vermehrung tritt. Da ſehen wir die bloßgelegten Markſtrahlzellen ſich vermehren; wir ſehen die Anlagen der Holzfaſern ſich noch einmal teilen und zu kurzen Zellen werden; wir ſehen endlich, daß in den jungen Gefäßen Thyllenbildung ſich einſtellt und auch dieſe Zellen ſich weiter teilen, kurzum aus den verſchiedenen Gewebeformen des jüngſten Holzes geht eine ganz gleichartige, callusähnliche Zellenlage hervor, von der man anfangs nicht weiß, ob man ſie als Rinde anſprechen ſoll. Aber mit dem Dickerwerden dieſer Schicht beginnt dieſelbe, ſich zu differenzieren. Innerhalb derſelben entſteht ein langer Meriſtemſtreifen, der ſich als allein vermehrungsfähig erhält und Anſchluß am oberen und unteren Wundrande mit dem normalen Cambium der unverletzten Achſe

sucht. Es hat sich also eine neue Cambiumzone in dem Vernarbungsgewebe ausgebildet und an die normale angeschlossen. Aus ihr hervor gehen dieselben Elemente, wenn auch anfangs noch in verkürzter Form, wie aus dem Cambiummantel des ungeschälten Stammteils und so sehen wir nun eine Rinde aus dem Holze heraus über der Schälstelle sich bilden. Unter derselben entsteht neues Holz und die Schälblöße ist gesund ausgeheilt.

Aus dieser Darstellung des Heilungsvorganges ergeben sich zwei wichtige Regeln. Da das Material zur Anlage der neuen Rinde aus dem Gewebe und den Reservestoffen des Holzkörpers hervorgeht, so muß als die günstigste Zeit diejenige Periode reicher Cambialthätigkeit gewählt werden, in welcher schon wieder reichlich Reservestoffe im Holz aufgespeichert sind und *das ist die Zeit vor Beginn des zweiten Triebes*. Im Frühjahr ist zwar auch das Cambium ungemein thätig und die Rinde löst sich vorzüglich, aber die Reservestoffe sind schon mobilisiert und bei dem Laubausbruch zur Verwendung gelangt, also zur Heilung einer so großen Wunde in zu geringem Maße im Stammkörper vorrätig.

Der zweite Punkt, der bisher von den Praktikern meist ebenso wenig befolgt worden, bezieht sich auf die Tageszeit, in welcher das Schälen ausgeführt werden soll. Man hat bisher das Frühjahr für die günstigste Schälzeit angesehen, weil man die Sommerhitze vermeiden wollte. Man sagte sich, daß die Wundstelle zu sehr austrockne und hat daher trübe Tage für das Schälen gewählt oder künstlich durch Verbände die Wunde beschatten und schützen wollen. Das gerade aber ist falsch und die Ursache des häufigen Mißlingens. Wir haben gesehen, die Wundfläche schützt sich selbst durch Verdickung oder Zusammensinken der äußeren Zellen und dieser Prozeß vollzieht sich bei Besonnung und Wärme am schnellsten. Längere Feuchtigkeit auf der Wundfläche bedingt Pilzansiedlung. *Man schält also am vorteilhaftesten in der heißen Sommerzeit* vor Beginn des Augusttriebes und in der *heißesten Mittagszeit* an sonnigen Tagen.

§ 33. — Warum schröpfen wir?

Unter *Schröpfen* oder „Aderlassen" verstehen wir die Ausführung von Längsschnitten, wobei das Messer bis auf die Splintregion dringt, ohne daß aber Substanz selbst weggenommen wird. Der Schröpfschnitt befreit die Achse in seiner Umgebung vorübergehend vom Rindendruck; er vernarbt bald durch Überwallung von den Seitenrändern aus und absorbiert zur Her-

stellung des Überwallungsgewebes einen Teil der in der Rinde und im Holz gespeicherten Baustoffe.

Eine Notwendigkeit, zu schröpfen, wird also entweder dadurch geboten, daß der Rindendruck am Ast oder Stamm so stark wird, daß die Ausbildung des neuen Jahresringes nicht mehr in dem gewünschten Maße vor sich geht oder wenn im Verhältnis zu den Verbrauchsstellen zu viel plastische Baustoffe und Wasser im Stamm sich angehäuft finden.

Der Rindendruck kann in einem schädlichen Maße sich steigern, wenn der natürliche Abschuppungsprozeß der alten Achsen verlangsamt wird. Der Gang der Rindenentwicklung bei denjenigen Holzgewächsen, deren Stämme im Alter eine rissige Borke besitzen, vollzieht sich etwa folgendermaßen. Zunächst ist die Achse, solange sie sich noch im krautartigen Zustande befindet, von der einfachen Oberhaut aus parenchymatischen Zellen umschlossen. Mit der Ausbildung des Holzringes parallel geht auch eine Verstärkung des äußeren Schutzmantels, indem sich innerhalb oder unterhalb der Epidermiszellen Lagen von Tafelkork ausbilden. Wenn der Zweig zum Ast wird, also mehrere Jahre hindurch einen neuen Holzring angelegt hat und dicker wird, sprengt das darunterliegende Gewebe den Korkgürtel an einzelnen Stellen entzwei, um Platz zur Ausdehnung zu gewinnen. An den Rißstellen bilden sich neue Korkzonen, die bogenförmig in das älteste, äußere, grüne Rindengewebe hineingreifen und uhrglasförmige Rindenpartien zum Absterben bringen. Die toten Stücke werden von den im Innern nachwachsenden Rindengewebe nach außen gedrückt und stehen schuppenförmig an der Oberfläche vor. Die Wiederholung des Korkbildungsprozesses in der ältesten Rindenpartie hat die Bildung der sog. Borkenschuppen zur Folge. Das tote Gewebe derselben saugt bei feuchter Witterung Wasser ein und giebt solches bei trockenem, heißem Wetter ab, wobei es sich zusammenzieht. Bei diesem Zusammenziehen erfolgt allmählich ein Abheben der Borkenschuppen von den noch lebenden Rindenpartien. Durch den Lösungsprozeß wird der Rindenkörper vom Druck mehr befreit und setzt dem Ausdehnungsbestreben des Stammes weniger Widerstand entgegen. Am schnellsten springen die Borkenschuppen ab, wenn die Witterung abwechselnd feucht und trocken ist. Kommen Fälle vor, daß der Baum zu viel Borke behält, so hilft man künstlich durch Abkratzen der Stämme nach. Mit Recht nimmt man jetzt das Abkratzen in den normalen Gang der Baumbehandlung auf.

Dort wo die Baumpflege nicht so sorgsam geübt worden ist, finden wir (namentlich in feuchten Lagen) nun Beispiele, bei denen die Borken-

schuppen auf dem Stamme viele Jahre verbleiben und in ihren Zersetzungsprodukten geeignete Ansiedlungsherde für Flechten und Moos bilden. Hier bleibt der Rindendruck größer als bei den schuppenreinen Bäumen und das Dickenwachstum des Stammes ist verlangsamt. In solchen Fällen ist nach dem Abkratzen das Schröpfen am ganzen Stammumfange am Platz.

Manchmal handelt es sich auch nur um Stärkung bestimmter Astpartien oder Stammteile, deren Holzwachstum durch Druck anderer Äste oder durch Pfähle u. dgl. zurückgeblieben ist. Dann erhält nur die schwachgebliebene Achsenpartie die Schröpfschnitte. Wie sehr die Rindenpartie durch den Verdickungsvorgang des Holzkörpers passiv gespannt ist, erkennt man, wenn man den Schröpfschnitt einige Stunden nach seiner Ausführung betrachtet. Während die Wunde zur Zeit des Einschneidens eben nur die Breite des eingedrungenen Messerrückens hat, ist dieselbe wenige Stunden später bei manchen Exemplaren schon auf das Doppelte bis Dreifache dieser Breite vergrößert. Die Wundränder sind von selbst auseinandergewichen, da die bisher passiv ausgespannt gewesene Rinde sich zusammengezogen hat. Die schmale Schnittwunde verheilt sehr schnell, da die beiden seitlich hervortretenden Überwallungsränder sich bald vereinigen. Die in den Überwallungsrändern liegenden Cambiumzonen verschmelzen miteinander und vervollständigen wieder den durch den Schnitt gestört gewesenen Cambiumring. Derselbe bildet aber an den Schnittstellen und deren nächster Umgebung zunächst keine langgestreckten, engen Holzfasern, sondern ein reiches Holzparenchym, dessen Zellen kurz und weit sind. Daher die schnellere Dickenzunahme des Stammes.

Erst allmählich, wenn über der Vernarbungsstelle eine Korklage sich ausgebildet und dieselbe sich dem gesamten Korkmantel eingefügt hat, ist ein stärkerer Rindendruck wieder hergestellt und die neu entstehenden Holzelemente nehmen eine langgestreckte Gestalt an und nähern sich dem normalen Holze. Unter Umständen äußert sich die Wirkung des Schröpfschnittes bei reichlicher Bewässerung in einer nochmaligen Bildung von Frühlingsholz zu einer Zeit, in welcher Herbstholz bereits sich eingestellt hatte. Erfolgt die Vernarbung bald und es herrscht ein langer, trockener Herbst, so kann der Holzring eines Jahres aus zwei Frühlings- und zwei Herbstholzschichten bestehen und den Schein erwecken, als ob in einem Jahre zwei Jahresringe entstanden wären.

Eine Verstärkung des Dickenwachstums durch den Schröpfschnitt beabsichtigt man, auch bei solchen Veredlungsstellen zu erzielen, an denen der Edelstamm unförmlich dick auf dem nur schwach wachsenden Wildling sitzt;

hier läßt man die zahlreich rings am Stammumfang anzubringenden Längsschnitte dicht oberhalb der Veredlungsstelle am Edelstamm beginnen und sich bis auf den Wildling hin fortsetzen, wodurch der letztere alsbald an Umfang gewinnt. Bei Veredlungen, welche am Boden ausgeführt worden sind und bei denen der sonst noch gesunde Edelstamm durch kümmerliches Wachstum des Wildlings zu keiner genügenden Entwicklung kommen kann, bedient man sich des Schröpfschnittes, um den Edelstamm von seinem Wildling zu befreien. An der Veredlungsstelle wird dann allein der Edelstamm reichlich mit kurzen, am ganzen Umfang verteilten Längseinschnitten versehen und diese geschröpfte Stelle dicht mit kräftiger Erde bedeckt. An den Einschnitten entwickeln sich allmählich Wurzeln, welche die selbständige Ernährung des Edelstammes einleiten. Bei Zwergstämmen, also bei Birnen, welche auf Quitte und bei Äpfeln, die auf Splitt- oder Paradiesapfel veredelt worden sind, wird das Verfahren am häufigsten anzuwenden sein.

Es wird sich empfehlen, dieses Schröpfen kurz vor Laubausbruch eintreten zu lassen, weil dann im allgemeinen die Rindenspannung am größten und deren Aufhebung auf das Wachstum des Cambiumringes am erfolgreichsten sein wird.

Wenn der Schröpfschnitt dagegen durch die Notwendigkeit geboten wird, Wasser und überschüssiges, mobiles Baukapital im Stamm durch die Wundvernarbung unschädlich zu machen, so kann man sich an keine bestimmte Zeit der Ausführung binden. Die Gelegenheit, den wie ein Aderlaß wirkenden Schnitt eintreten zu lassen, bietet sich, wenn bei Beginn oder kurz nach Eintritt voller Vegetationsthätigkeit viele Verbrauchsherde fortgenommen werden. Ein sehr bekanntes Beispiel ist die Wassersucht bei Ribes, die wir schon früher besprochen haben. Die Beulen am Wildling unterhalb der Veredlungsstelle bilden sich, weil das Wasser, das die Wurzeln der im Laufe des Winters stark angetriebenen Wildlinge in den Stamm pressen, keine genügende Verwendung findet. Man putzt nämlich die jungen, sich entwickelnden Seitentriebe unvorsichtigerweise zu früh gänzlich aus; infolgedessen ist die Rinde mit Wasser überladen und ihre Zellen verlängern sich an den Stellen, wo sie am jüngsten und der Wasserdruck am stärksten ist, nämlich am Gipfel des Wildlings, wo das Edelreis aufgesetzt ist. Dadurch entsteht eine schwammige Beule, welche aufreißt, vertrocknet und das Vertrocknen der Veredlungsstelle nach sich zieht. Will man den Übelstand vermeiden, so muß man eine Ableitung für das überschüssige Wasser und die zum Austreiben der Augen bestimmt gewesenen Baustoffe schaffen; dies geschieht durch den Schröpfschnitt.

Ähnliche Erſcheinungen ſtellen ſich bei Steinobſt, namentlich Süßkirſchen und Pfirſich ein, wenn man zu ſtark Augen ausbricht oder krautartige Triebe entſpitzt. Es treten dann zwar keine Rindenbeulen auf, aber aus dem Cambium bildet ſich ſtellenweis ſchwammiges Holz, das dem Gummifluß verfällt. Wenn ſolche Urſachen die weit verbreitete Krankheit hervorrufen, ſo läßt ſie ſich mit Erfolg durch Schröpfſchnitte am Stamm bekämpfen.

Achtes Kapitel.

Die Verwendung der Achsenorgane zur Vermehrung.

§ 34. — Worin besteht und was nützt das Absenken?

Eine Anzahl von Gehölzen besitzt die Fähigkeit, leicht Adventivknospen zu erzeugen. Solche Knospen sind nicht wie die gewöhnlichen Augen gleich am Vegetationskegel angelegt, sondern entstehen später, meist erst infolge eines äußeren Reizes; ihr Markkörper geht nicht bis in das Mark des Mutterorgans, sondern mündet in die Region, die in dem Jahre der Entstehung der Adventivknospen cambial war. Proventivknospen oder schlafende Augen können sich auch erst viele Jahre nach Entstehung des Muttersprosses entwickeln; aber sie waren schon im Entstehungsjahre des Sprosses angelegt und ihr Mark entspringt aus dem Markcylinder der Mutterachse.

Derartige Adventivaugen können auch auf Wurzeln entstehen, sich zu einem Zweige ausbilden und, mit einem Wurzelstücke von der Mutterpflanze abgelöst, zum neuen Individuum werden (Himbeeren, Syringen, manche Pflaumen, Kirschen, Äpfel, Spiraeen, Rosen u. s. w.).

Umgekehrt besitzen viele Gewächse die Fähigkeit, nach einer Reizung aus ihren oberirdischen Achsen Adventivwurzeln zu treiben. Diese Fähigkeit benutzt der Gärtner ebenfalls zur Vermehrung, indem er die Äste oder Zweige der Pflanzen zur Bewurzelung reizt und nach genügender Wurzelbildung von dem Mutterstocke ablöst.

Manchmal genügt schon die Zuführung von größerer Feuchtigkeit zu einem Zweige, um die Adventivwurzelbildung bald anzuregen. In andern Fällen müssen kräftigere Reize, wie z. B. Verwundungen mitwirken, um das gewünschte Resultat zu erlangen und der Erfolg tritt erst nach längerer Zeit ein. Bei solchen schwer zur Wurzelbildung zu bringenden Pflanzen

liegt es im Intereſſe des Gärtners, die Zweige, welche dem Experiment unterworfen werden ſollen, für den Fall des Mißlingens der Mutterpflanze zu erhalten und er verſucht daher, an einzelnen Stellen des Zweiges den Reiz der Feuchtigkeit durch Umgeben mit Erde wirken zu laſſen, ohne ihn aber von der Mutterpflanze zu trennen.

Dieſe Prozedur bezeichnet man als *Abſenken*. In gewiſſen Fällen muß das Abſenken derart erfolgen, daß man (bei hochſtehenden, ſpröden Zweigen wertvoller Gewächſe) in einer beſtimmten Höhe Erde mit Moos um eine Zweigſtelle in einem paſſenden Behälter anbringt, die Erde feucht hält und nach der Bewurzelung den Zweig unterhalb des Behälters abſchneidet. Man ſieht daher manchmal (mehr bei Liebhabern als bei Gärtnern) bei Gummibäumen, Oleandern und ähnlichen Zimmerpflanzen eine trichterförmige Hülſe aus Blech oder ſtarkem Papier um einen Zweig gelegt, die Hülſe mit Erde angefüllt und an der Baſis mehr oder weniger feſt angeſchnürt.

Alle Methoden des Abſenkens, bei denen der Zweig in ſeiner natürlichen Lage verbleibt, ſind weniger zuverläſſig als diejenigen, bei denen der Zweig künſtlich gebogen wird.

Dies kann als Richtſchnur für alle Arten des Abſenkens gelten und läßt erkennen, daß die vorerwähnte Methode nur in den Fällen anzuwenden iſt, wo andere Vermehrungsarten ausgeſchloſſen ſind. Wir müſſen bedenken, daß die Stärke der Bewurzelung innerhalb derſelben Art oder Varietät abhängig iſt von der Menge aſſimilierter Bauſtoffe, die an der durch Näſſe gereizten Stelle vorhanden iſt. Nach dem bei der Schnittmethode Geſagten wiſſen wir jetzt, daß jede Biegung, Einkerbung, Knickung oder Ringelung ein Hindernis in der Bewegung des Nährſtoffſtromes darſtellt und eine Anhäufung plaſtiſcher Bauſtoffe oberhalb der verletzten Zweigſtelle zur Folge hat. Mithin liegt ſchon im Niederbiegen des Zweiges eine begünſtigende Vorbereitung für den Abſenkungsprozeß.

Für die verſchiedenen Pflanzen iſt die techniſche Ausführung des Prozeſſes auch verſchieden, ſelbſt wenn die abzuſenkenden Zweige in der Bodennähe ſtehen. Sollten ſolche nicht in genügender Anzahl vorhanden ſein, ſo müſſen ſie erzogen werden, indem man die Mutterpflanze dicht über der Erde abſchneidet, um kräftige Schößlinge zu erzielen. Dieſe laſſen ſich ſchon im Jahre ihrer Entſtehung, während ſie noch in krautartigem Zuſtande ſind, benutzen, indem man ſie nach außen an ihrer Urſprungsſtelle biegt und den ganzen Stumpf der Mutterpflanze ſamt ſämtlichen Zweigbaſen

mit Erde anhäufelt. Haben die auseinandergebogenen Triebe im ersten Jahre wenig Wurzeln gemacht, so ist es gut, die bloßgelegten Biegungsstellen zu ringeln oder einzukerben und dann wiederum mit Erde zu bedecken. Die Spitzen der mittlerweile holzig gewordenen Zweige werden abgeschnitten und die krautartigen Seitentriebe rechtzeitig entspitzt, um möglichst viel von den Blättern erarbeitetes Material abwärts wandern zu machen und nicht durch Bildung neuer Seitentriebe abzulenken.

Die beste Zeit des Köpfens des Mutterstockes ist der Winterausgang, weil dann starke Fröste, welche die Wundfläche schädigen, nicht mehr zu fürchten sind und die schlafenden Augen bei Beginn des Frühjahres bald zur Streckung gelangen.

Die Methode wird für Äpfel, Quitten und Pflaumen empfohlen. Von ersteren sieht man bei Paradiesäpfeln und Doucin vielfach genügende Wurzelbildung am diesjährigen Holze, während bei Quitten das vorjährige besser verwendbar erscheint; die im ersten Jahre frei sich entwickelnden Zweige werden bisweilen vor dem Anhäufeln noch etwas an der Stelle gedreht, wo die Wurzeln hervorbrechen sollen. Bei Apfelwildlingen kommt man schneller zum Ziel, wenn man die federkielstarken Wurzelästchen, die bei dem Verpflanzen stärkerer Stämme abfallen, in Stücke schneidet und aussäet; es bilden sich dann Adventivknospen, die recht schöne junge Pflanzen geben.

Mehr verbreitet als dieses Absenken durch Anhäufeln ist das Einlegen der Senker in die Erde. Die durch kurzen Schnitt niedrig gehaltenen Mutterstöcke werden mit einem Graben umgeben, in welchen hinein die kräftigen Triebe derart gebogen werden, daß die Spitzen noch aus dem zugeschütteten Graben weit herausragen und auf 2 bis 3 Augen zurückgeschnitten werden können. Je nach der Langsamkeit, mit welcher das zu vermehrende Gehölz an der (oft mit Haken festzuhaltenden) Biegungsstelle Wurzeln treibt, unterstützt man das Niederbiegen durch Einschnüren, Drehen, Kerben, Ringeln u. s. w. Angewendet wird die Methode bei Stachel- und Johannisbeeren, Weinstock, Haselnuß, Quitte und Maulbeerbaum, Flieder, Schneeball, Forsythia und Magnolia. Unter den Nadelhölzern gelingt es bei Juniperus, Taxus, Thuja und Sequoja. In Frankreich soll es auch bei Aucuba, Rhododendron und andern empfindlichen Gehölzen zur Anwendung gelangen.

Die langen Äste der Schlingsträucher (Glycine, Aristolochia, Lonicera, Clematis, Hedera, Tecoma ꝛc.) kann man auch schlangenartig in größeren Bogen mehrmals einlegen, so daß immer zwischen zwei niederge-

hakten Stellen ein größeres Stengelstück über der Erde verbleibt und Laub erzeugt.

Das Ablösen der bewurzelten Stellen erfolgt zur Zeit des gewöhnlichen Verpflanzens.

Bei der eingangs erwähnten Vermehrung durch Wurzelstücke mit Adventivknospen, wie z. B. bei Rhus, Aesculus macrostachya u. anderen kann man die Anlage von Augen auf den Wurzelästen befördern durch ein fortgesetztes Zurückschneiden der Mutterpflanze und durch Verletzen des Wurzelkörpers. Solche aus Wurzelbrut erzogenen Wildlinge sind aber zum Veredeln weniger gut, als Sämlinge, da sie die Neigung behalten haben, alsbald wieder Adventivknospen zu bilden und dadurch den Hauptstamm schwächen.

§ 35. — Welche Grundsätze sind bei der Stecklingsvermehrung maßgebend?

Der Steckling ist ein von der Mutterpflanze abgelöster Pflanzenteil, der durch Bildung neuer Wurzeln zum selbständigen Individuum heranwächst. Die neuen Wurzeln entstehen entweder unmittelbar an der Schnittfläche oder in einiger Entfernung von derselben. Bei den verschiedenen Pflanzen ist die Fähigkeit, Adventivwurzeln zu erzeugen, ungemein verschieden. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß die Pflanzenteile um so weniger geneigt zur Adventivwurzelbildung sind, je älter sie sind, und daß unter den mannigfachen Arten unserer Kulturpflanzen diejenigen am wenigsten zur Stecklingsvermehrung sich eignen, die ein hartes, sprödes Holz besitzen. Unter unseren Obstbäumen erzeugen zwar Äpfel und Birnen leicht ein recht kräftiges Vernarbungsgewebe an der Schnittfläche, aber sehr schwer Wurzeln; dagegen lassen sich Paradies- und Doucinapfel ganz gut durch Stecklinge vermehren. Dasselbe gilt für die Myrobalanpflaume, für Quitte, Weinstock und Ribes-Arten. Unter den Parkbäumen sehen wir die weichholzigen Pappeln, Weiden, Ailanthus, Platanus und Paulownia leicht Wurzeln treiben, während Robinia, Ulmus, Fagus, Quercus, Juglans u. a. Schwierigkeiten bieten.

Wenn ein Steckling Wurzeln bilden, also neue Organe hervorbringen soll, so muß das plastische Baumaterial dazu in genügender Menge vorhanden sein. Dasselbe ist nun entweder schon in einer vorhergehenden Vegetationsperiode gebildet und im Achsenkörper gespeichert worden (Stecklinge aus verholzten Trieben, Zweigstecklinge) oder der Steckling muß in

der Lage sein, die notwendigen Baustoffe nach der Ablösung von der Mutterachse noch bilden zu können (krautartige Stecklinge). Letztere müssen stets Blätter haben, erstere brauchen sie nicht; erstere bilden stets Callus an der Schnittfläche, letzteren kann derselbe fehlen. Die Bildung von Wurzeln am Steckling ist nicht an eine vorhergehende Callusbildung gebunden.

Unter Callus verstehen wir, wie wir hier noch einmal wiederholen wollen, eine aus dichten, reihenweis geordneten, meristematischen Zellen gebildete, farblose, zarte Gewebemasse, die noch nicht in bestimmte Dauergewebeformen (Rinde, Holz) differenziert ist und deren Zellreihen noch an der Spitze fortwachsen.

Die ersten Lebensäußerungen des Stecklings bestehen in Gewebeveränderungen an der Schnittfläche, die in der Regel schief abwärts geneigt ist und unterhalb einer Knospe beginnt. Wenn wir ein Zweigstück abschneiden, so legen wir damit alle Gewebeformen, die den Zweig zusammensetzen, bloß und bringen dieselben in Berührung mit einem feuchten Medium (Wasser, Sand, Sägespäne, Erde, Kohlenschlacke u. s. w.). Von den Geweben an der Schnittfläche sind einzelne unfähig, an der Bildung von Vernarbungsgewebe teilzunehmen; immer ist dies der Fall mit dem alten Holz, häufig mit dem Markkörper und den äußersten Rindenschichten. Vermehrungsfähig und mithin zur Bildung von Überwallungsgewebe berufen ist in der Regel nur das Cambium, das jüngste Holz und die innerste Rindenpartie. Je größer deshalb an einer Schnittfläche der Holzkörper im Verhältnis zu den andern Geweben ist, desto schwerer der Wundschluß.

Das erste Erfordernis für das Gelingen der Stecklingsvermehrung ist, für einen genügenden, natürlichen Verschluß der Schnittfläche zu sorgen.

Der Verschluß der Schnittfläche vollzieht sich durch zweierlei Vorgänge. In den krautartigen älteren Geweben (alte Rinde und Mark) bilden sich oberhalb der durch den Schnitt verletzten Zellen querverlaufende Korklagen aus, welche einen Schutz gegen übermäßige Feuchtigkeit bilden. In den an die angeschnittenen Zellen und Gefäße des Holzes anstoßenden Holzelementen bilden sich teils Pfropfen aus einer braunen, sehr widerstandsfähigen Masse (Wundgummi) oder Thyllen, welche ebenfalls als Verschlußvorrichtung anzusehen sind. Der zweite Vorgang ist die Überwallung, welche mit der Callusbildung beginnt.

Beide Vorgänge vollziehen sich (mit verhältnismäßig wenigen Ausnahmen) vollkommener bei reichlichem Luftzutritt zur Schnittfläche; man

sorge daher dafür, daß die Substanz, in welche der Steckling gebracht wird, einer reichlichen Durchlüftung zugänglich ist.

Während der Verschlußbildung schon fangen die Zellen der Cambiumzone, des Jungholzes und der Jungrinde an, sich durch Wasseraufnahme über die Schnittfläche hervorzuwölben. Wenn das zarte, hervorgetretene Ende der wachsenden Zelle eine gewisse Länge erreicht hat, so entsteht hinter demselben eine Scheidewand und die Spitze wächst wieder weiter. Da die Zellen, welche in dieser Weise sich hervorwölben und sich vermehren, dicht nebeneinander liegen, so entstehen in kurzer Zeit lange Zellreihen, die alle an der Spitze fortwachsen und seitlich mit einander fest verbunden, eine zarte, weißliche Gewebemasse darstellen (Fig. 26). Solange diese weiche Gewebemasse Spitzenwachstum zeigt, sich also am äußeren Umfange verlängert, behält sie den Namen: Callus.

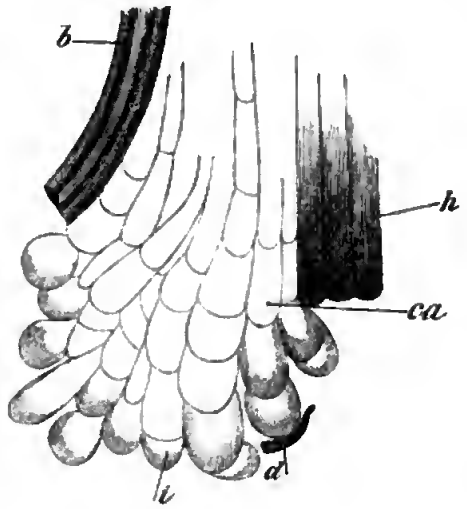

Fig. 26.

Ganz jugendlicher Callus mit an der Spitze i fortwachsenden Zellreihen, welche die Reste der angeschnittenen und nun abgestorbenen Zellen d vor sich herstoßen; b Bastelemente; h Holzzellen; ca Cambiumschicht und Jungrinde.

Allmählich aber wird für die gelösten Baustoffe, welche aus dem Steckling abwärts in den Callus gehen, der Weg durch alle Calluszellen bis an die äußersten Spitzen zu weit. Die Diffusion der Bildungsstoffe findet nicht mehr in genügendem Maße nach dem Rande des Callus hin statt und nun erlischt dort das Wachstum. Statt dessen bildet sich jetzt im Innern des Callusgewebes ein bogenförmig verlaufender Gewebestreifen aus, dessen Zellen sich fortdauernd vermehren. Dieser gekrümmte Meristemstreifen setzt sich an die Cambiumzone des Stecklings selbst an und stellt für die Zukunft die Fortsetzung des Cambiums innerhalb des Callus dar, bildet nun auch nach außen neue Rindenzellen, nach innen neue Holzelemente und verwandelt damit den Callus in einen wirklichen Überwallungsrand.

Das Überwallungsgewebe am unteren Schnittrande eines Stecklings unterscheidet sich nicht wesentlich von dem entsprechenden Gebilde einer oberirdischen Schnittfläche; nur fehlt in der Rinde der durch den Einfluß des Lichtes hervorgerufene, grüne Farbstoff.

In Fig. 27 ist der Vernarbungsprozeß an dem in der Erde befindlichen Teile eines Rosensteckligs dargestellt. Es bedeutet s^1 die Schnittlinie; alles unterhalb dieser Schnittfläche belegene Gewebe ist Neubildung, also das, was wir im gewöhnlichen Leben als Callus bezeichnen. Dieser Callus ist in dicken Wülsten aus dem ursprünglichen Cambium hervorgebrochen und hat sich vom Rande her über die Schnittfläche ausgebreitet. Wir unterscheiden in dem durch die Figur dargestellten Längsschnitt einen

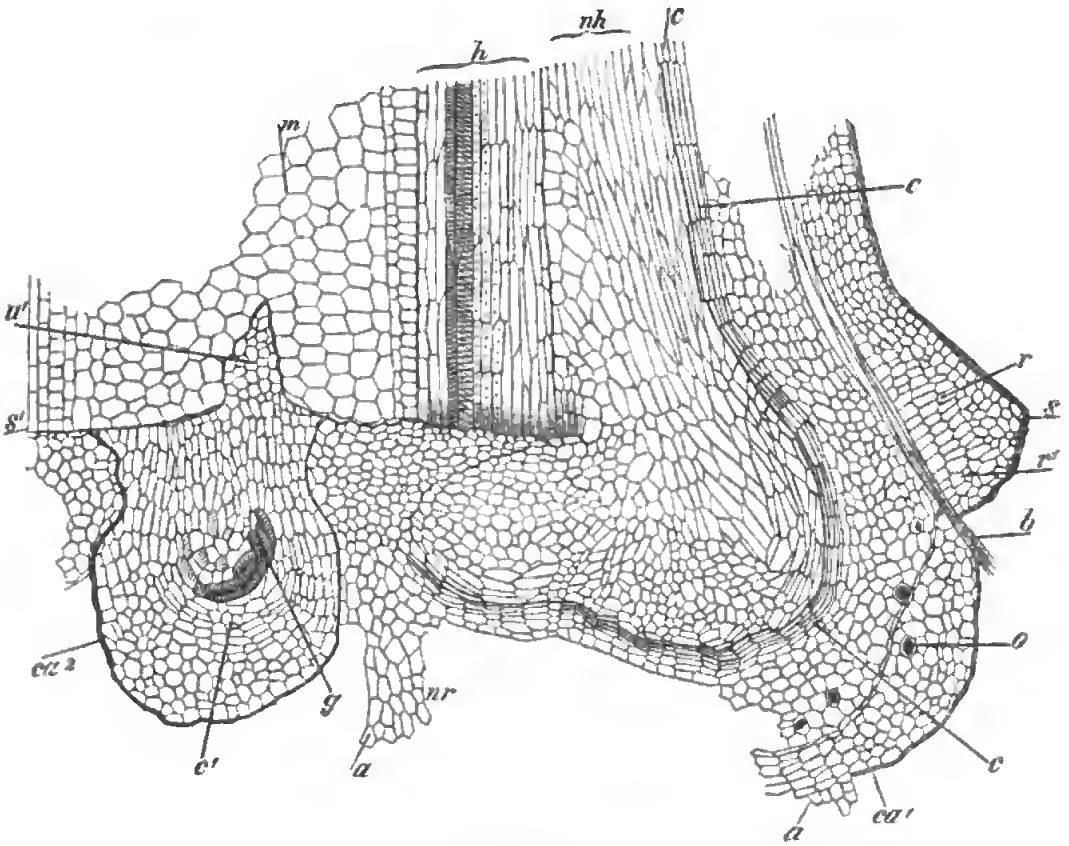

Fig. 27.

Vernarbungsgewebe an der Schnittfläche eines Rosensteckligs.

(Buchstabenerklärung im Text.)

radial angeschnittenen Wulst ($c\,a^1$) und eine von der Hinterseite her sich vorwölbende und daher quer geschnittene Callusmasse ($c\,a^2$), deren Rinde bereits mit dem seitlichen Wulst ($c\,a^1$) verschmolzen ist. Damit erscheint allerdings der Markkörper geschlossen; aber dieser Verschluß hat ohne selbständige Beteiligung des Markgewebes stattgefunden, das nur passiv durch Verschmelzung der vom Rande her gekommenen Überwallungsränder gedeckt

worden iſt. Bei andern Stecklingen, wie z. B. bei den Fuchſien iſt das Mark aktiv an der Callusbildung beteiligt und kann unter Umſtänden den größten Teil derſelben liefern. In Fig. 27 bedeutet ferner m den (hier durch das Meſſer eingeriſſenen) Markkörper. Der Riß u^1 iſt ausgefüllt durch den vom Hinterrande her ſich vorwölbenden Callus; h iſt das alte, vor dem Abſchneiden des Zweiggliedes als Steckling gebildete Holz, nh das während der Stecklingsperiode gebildete Neuholz, welches mit kurzen, weiten, poröſen, dickwandigen, ſtärkereichen Zellenmaſſen beginnt, in denen allmählich ebenſo kurze, netzförmige Gefäße auftreten. Dieſe Elemente werden nach außen hin immer enger und geſtreckter, dem normalen Holze immer ähnlicher, je ſpäter nach dem Schnitt ſie entſtanden, alſo der jetzigen Cambiumzone genähert liegen. Dieſe Cambiumzone (c) geht im weiten Bogen um die Schnittfläche des alten Holzkörpers herum und iſt auf ihrer Außenſeite von der neugebildeten Rinde nr bekleidet, die in der Zeichnung nicht vollſtändig wiedergegeben iſt. Am äußerſten Rande der Neurinde bemerken wir noch die jetzt verkorkten und bereits im Abſterben begriffenen, zuerſt über die Schnittfläche hervorgetretenen, weiten, reihenweis geordneten, an den Endgliedern aus abgerundeten, kugeligen bis birnenförmigen Zellen gebildeten Callusanfänge a. Dieſe Zellreihen vermehrten ſich, wie wir ſchon hervorgehoben, zuerſt an der Spitze, indem ihre äußerſten Zellen ſich vergrößerten, durch eine Querwand ſich teilten, die dadurch verkleinerten Endzellen wieder heranwuchſen und den Prozeß wiederholten.

In dem von hinten hervorkommenden, quer geſchnittenen Callus wulſte ca^2 weiſt g auf die kurzen, netzigen Gefäße, welche die Anfänge des neuen Holzkörpers ſind; um dieſelbe zieht ſich die Cambiumzone c^1; b iſt der alte, vor dem Abſchneiden des Zweiges zum Steckling gebildete Baſtſtrang; er iſt an der Schnittfläche durch die wuchernde Neurindenbildung weit von dem alten Holze abgedrängt worden und an ſeinem freien Ende abgeſtorben. Die zu beiden Seiten dem Hartbaſt anliegenden Zellen dagegen haben ſich, vom Rindendruck durch den Schnitt befreit, quer geſtreckt (r^1), während ſie im normalen Zuſtande längs geſtreckt ſind. Der übrige, äußere Teil der alten Rinde (r) hat ſich nicht verändert und ſeinen Wundrand durch Kork abgeſchloſſen; o iſt der oxalſaure Kalk, der teils in großen Einzelkryſtallen, teils in ſternförmigen Druſen hier zu finden iſt.

Bei manchen Gewächſen, welche nur geringe Neigung zur Adventivwurzelbildung beſitzen, kann die Callusbildung derart dominieren, daß alles Material, was der oberirdiſche Teil herabſendet, zum Wachstum des unterirdiſchen Überwallungswulſtes herangezogen wird und die Wurzelbildung

ausbleibt (Coniferen, manche Neuholländer und Eriken). In solchen Fällen sind die großen Knoten von Überwallungsgewebe tief anzuschneiden. Durch die Störung, welche die Cambiumzone in dem Vernarbungsgewebe selbst infolge der Verwundung erfährt, erfolgt eine größere Ansammlung von plastischen Stoffen in der Region über der Wundfläche und damit ein Anstoß, daß sich nun dort endlich Wurzeln bilden.

Der hier geschilderte Vorgang findet bei den (häufig schon blattlosen) Stecklingen aus altem Holze statt. Er hat eine große Ähnlichkeit mit dem Ringelungsprozeß. Am geringelten Zweige sehen wir am oberen Wundrande keulig nach unten sich erweiternde Gewebemassen hervortreten und an dem nackten Holzkörper herablaufen. Denken wir uns nach Entstehung dieser Überwallungsmassen das Holz des geringelten Zweiges am oberen Ringelrande abgeschnitten, so daß nur das Überwallungsgewebe noch hängen bleibt und dieses Gewebe allseitig über die Schnittfläche geklappt, dann haben wir die Vernarbung an der Schnittfläche eines holzigen Stecklings.

Bei Gehölzen mit abfallendem Laube ist die beste Zeit der Stecklingsvermehrung mit hartem Holz der Anfang des Winters oder (bei ganz frostharten Arten) auch der letzte Teil des Winters vor Beginn der neuen Zweigthätigkeit. Die auf 3 bis 4 Augen geschnittenen, kräftigen Zweige werden einstweilen in Paketen zusammengebunden im Keller oder im Freien eingeschlagen und, wenn der Boden offen ist, in nördlichen Lagen reihenweis derartig gepflanzt, daß etwa 2 Augen oberhalb der Erdoberfläche sich befinden. Man kann auf diese Weise altes Holz, das durch den späteren Frühjahrsschnitt entfernt wird, benutzen bei Rosa, Weigelia, Cornus, Deutzia, Lonicera, Ribes, Spiraea u. a.

In etwas anderer Weise geht die Callusbildung bei krautartigen Stecklingen vor sich. Es beteiligen sich meist mehr Gewebe an der Vernarbung. Namentlich ist es der Markkörper, der in seiner ganzen Ausdehnung oder mit den Zellen der Markkrone wenigstens mitwirkt; oftmals gilt dies auch von den älteren Rindenpartien. Selbst die Gefäße des Holzkörpers participieren manchmal (Begonia, Thunbergia), indem sie sich mit Thyllen füllen und diese über die Schnittfläche hervorwuchern.

Die Vermehrung durch krautige Triebe ist die vorteilhafteste und das bezieht sich namentlich auch auf die Holzgewächse; nur muß die Behandlung der Stecklinge eine ganz andere sein. Hier ist immer im Auge zu behalten, daß die als Steckling verwendete Zweigspitze ihr Vernarbungsgewebe und ihre neuen Wurzeln nicht aus Reservestoffen bildet, die eine frühere Periode bereits im Gewebe gespeichert hat, sondern daß

das Material zur Bewurzelung erst während des Stecklingslebens erarbeitet werden muß. In dem Augenblicke, wo ein Pflanzenteil auf seine Blattarbeit angewiesen, ist ausgesprochen, daß er des Lichtes bedarf. *Krautartige Stecklinge müssen also Licht und zwar relativ viel Licht haben*, während ein verholzter Zweig mit sehr geringen Mengen anfangs fürlieb nimmt.

Der krautartige Steckling wird geschnitten, bevor die Achse merklich verholzt ist; die Schnittfläche besteht aus Geweben, die noch nicht ihre Membranen normal verdickt haben, deren Zellinhalt, wasser- und plasmareicher, zu Veränderungen und Zersetzungen hinneigt und daher sofort eines erhöhten Reizes bedarf, um die Lebensvorgänge in ihrer Intensität trotz der Verwundung zu erhalten. Dieser Reiz wird durch Erhöhung der Temperatur ausgeübt. *Krautartige Stecklinge verlangen daher höhere Bodenwärme*, als die Stecklinge aus ausgewachsenen Zweigen derselben Spezies. Ja in manchen Fällen ist eine für krautartige Stecklinge erforderliche Bodentemperatur den holzartigen schädlich, weil sie einseitige Vorgänge der Stoffumwandlung (wie ich glaube, Fermentwirkungen) in den ruhenden Organen weckt, deren Produkte noch nicht verarbeitet werden können und daher in Fäulnis übergehen.

Nun müssen wir andererseits bedenken, daß die Verwundung nicht wegzuschaffen ist, und daß die krautartigen Stecklinge gewohnt waren, mit ihren grünen Blättern stark zu transspirieren. Augenblicklich haben sie aber keine Wurzel, welche das Wasserbedürfnis befriedigen kann. Es handelt sich also darum, zunächst die Verdunstung zu beschränken, ohne die Blätter wegzunehmen. Dies wird erreicht, durch Beschattung einerseits, durch gespannte Luft andererseits. Jede Beschränkung der Lichtmenge unter das gewohnte Maß zieht eine Verminderung der Verdunstung nach sich. In feuchter Luft wird ebenfalls die Wasserabgabe der Blätter zurückgedrückt.

Es müssen also die *krautartigen Stecklinge* im Verhältnis zu den holzigen *anfangs feuchte Luft ohne wesentliche Bewegung haben*. Wir sagen mit Absicht „*anfangs*" sei feuchte, gespannte Luft nötig, weil gerade in dieser Hinsicht am meisten gesündigt wird. Durch eine längere Dauer der Beschattung und großen Luftfeuchtigkeit wird nämlich die Assimilationsthätigkeit der Blätter auch auf ein Minimum herabgedrückt und infolgedessen stellen sich in kurzer Zeit Fäulniserscheinungen an der Schnittfläche ein, die zum Tode des Stecklings führen. Man beschatte daher krautartige Stecklinge nur in den ersten Tagen und ge-

wöhne sie möglichst bald an die normale Beleuchtung. Nach dieser Zeit sorge man auch für Luftzirkulation zwischen den Blättern und fürchte sich nicht vor dem Welken, wenn die Sonne auf die Stecklinge scheint. Allmählich gewöhnen sich nämlich die Stecklinge an eine sonnigere und trockenere Atmosphäre, auch wenn sie noch keine Wurzeln gemacht haben.

Das große Versehen bei der Behandlung krautartiger Stecklinge liegt darin, daß man in der Absicht, das Welken zu verhindern, dieselben immer wieder gießt und geschlossen hält. Selbst die lockerste Substanz, in welcher krautartige Stecklinge stehen, wirkt schädlich, sobald die Zwischenräume der Substanz dauernd mit Wasser erfüllt sind. Es wird dadurch der Sauerstoff der Luft von der zarten, saftigen Schnittfläche abgehalten und Gärungserscheinungen in den Zellen eingeleitet, die im Gefolge das Absterben der Schnittfläche zeigen.

Krautartige Stecklinge müssen stets reiche Bodendurchlüftung haben.

Die Kunst des Gärtners besteht darin, diese Vorschriften in dem Maße zur Ausführung zu bringen, wie sie die Individualität der einzelnen Arten verlangt.

Über das Maß von Licht, Feuchtigkeit, Luftzufuhr und Wärme lassen sich allgemeine Regeln nicht geben, da die Ansprüche der einzelnen Pflanzen ganz ungemein verschieden sind. Daher erklärt es sich auch, daß wenn man viel verschiedene Sorten von Stecklingen in einen Kasten bringt, einzelne Arten leicht durch Fäulnis zu Grunde gehen. Greifen wir die allergewöhnlichsten Beispiele auf. Die Scarlet-Pelargonien sind derartig lichtbedürftig und wasserentsagend, daß sie als Stecklinge ganz gut wachsen, wenn man sie abschneidet und neben der Mutterpflanze auf ein sonniges Beet im Freien einsteckt. Ähnlich verhalten sich die englischen Pelargonien (P. grandiflorum); sie wachsen ohne besondere Pflege, wenn man im Sommer die krautartigen, bereits etwas hartgewordenen Spitzen abschneidet und in Töpfe mit Sand (einzeln in kleine oder mehrere rings am Rande größerer Töpfe) setzt und am sonnigen Standort der Mutterpflanze stehen läßt. Anfangs hängen die Blätter und die ältesten vertrocknen auch wirklich; aber die jungen Spitzen erholen sich alsbald und halten sich bis zur Bewurzelung straff. Wollte man dasselbe Experiment mit dem stärker verdunstenden Heliotrop oder einer Lobelia machen, so könnte man die Stecklinge nach einem einzigen heißen Tage verdorrt finden. Letztere wachsen daher in einer warmen, gespannten, feuchten Atmosphäre, in welcher die weichen Spitzen der englischen Pelargonien leicht faulen.

Die Stecklinge der gefüllten weißen Primeln vertragen sehr gut Feuchtigkeit und Wärme — aber sie müssen möglichst hell stehen. Wer nicht über Bodenwärme verfügen kann, muß die Primelstecklinge trocken halten und kann sie selbst im Freien im Halbschatten vermehren. Die Blätter welken allerdings und die Bewurzelung geht sehr langsam vorwärts, so daß natürlich kein Handelsgärtner die Methode anwenden wird, aber als Experiment kann jeder den Versuch wagen.

Ein bestimmter Zeitpunkt, wenn krautartige Stecklinge geschnitten werden müssen, läßt sich nicht angeben. Man nimmt die Triebe, sobald sie einige Festigkeit erlangt haben und einzelne Blätter vollkommen ausgebildet sind, vorausgesetzt, daß man noch so viel günstige Jahreszeit vor sich hat, um den Stecklingen Gelegenheit zur Wurzelbildung zu lassen.

Ist indes die Jahreszeit zu weit bereits vorgerückt, so daß der Erfolg fraglich wird, so ist die Vermehrung aus ruhendem Holze, also durch fertige, entblätterte Zweige vorzuziehen. Abgesehen von den oben bereits erwähnten Winterholzstecklingen, lassen sich bei frostharten Gehölzen auch Herbststecklinge empfehlen. Auch weniger harte Gattungen geben, falls das Material vor Frost geschützt werden kann, durch Herbststecklinge eine sehr lohnende Vermehrung (Rosen).

Für die Behandlung aller aus ruhendem Holze gemachten Stecklinge werden folgende allgemeine Gesichtspunkte Gültigkeit haben.

Von dem Zweigstück, das wir als Steckling dem Boden anvertrauen, verlangen wir, daß es die Stärke und die andern gespeicherten Reservestoffe zur Bildung von Callus und Adventivwurzeln verwende, anstatt sie den Augen zukommen zu lassen, wie dies der Fall gewesen wäre, wenn das Zweigstück noch an der Pflanze sich befunden hätte. Die Gelegenheit dazu ist günstig; denn einerseits wirkt die Wunde der Schnittfläche in dem feuchten Boden als Anziehungsherd für die während der Vegetationszeit mobilisierten Baustoffe; zweitens fehlt den Knospen ein Faktor, welcher ihr frühzeitiges Austreiben einleitet, nämlich der Wurzeldruck. Daher treibt Steckholz im Freien später aus, als die Mutterpflanze.

Es gilt nun, dieses Verhältnis nicht zu stören und so lange zu warten, bis die mit Callus versehene Schnittfläche soviel Wasser aufzusaugen im stande ist, um im Knospengewebe die nötige Straffheit (Turgescenz) zu erzeugen, damit der Vegetationskegel und die jungen Blätter sich hervorstrecken können. Also zunächst möglichste Ruhe im oberirdischen Teil. Dieser Zustand tritt besonders im Herbst ein, wenn

die Luft ſtark abgekühlt, der Boden aber noch warm iſt. Im Frühjahr können wir künſtlich fördernd dadurch eingreifen, daß wir die Stecklingsbeete in nördlicher Lage anbringen, um die ſtarke Erwärmung zu vermeiden und vorzeitige Knoſpenentwicklung zu verhüten. Bei Stecklingen in Miſtbeetkäſten ſind im Frühjahr ſobald als möglich die Fenſter oder ſonſtigen Schutzmittel zu entfernen.

In der Vernachläſſigung dieſes Punktes liegt die Klippe bei der Aufbewahrung von Stecklingen in Kellern, Glashäuſern u. ſ. w. Die dort herrſchende Wärme reizt die Knoſpen zu vorzeitigem Austreiben; der neue Trieb bildet nun den dominierenden Anziehungsheerd für die Reſervenahrung des Stecklings, entwickelt ſich, ſolange dieſelbe vorhält, läßt die Schnittfläche ohne Wurzelbildung und geht ſchließlich aus Nahrungsmangel zu Grunde.

Bei wertvollen Pflanzen, welche ſchwer Adventivwurzeln bilden, trifft man wohl auch hier und da eine Vorbereitung, indem man den ſpäter als Steckling zu benutzenden Zweigteil ſchnürt oder ringelt und nach Ausbildung des Ringelwulſtes erſt abſchneidet; die Zweigſpitze wird dann entfernt, damit der Steckling nur 3—4 Augen behält.

In gewiſſen Fällen iſt der Wärmereiz im Frühjahr vorteilhaft. Eine ganze Anzahl von Gehölzen (Weigelia, Deutzia gracilis, Cydonia japonica, Evonymus japonicus, Aucuba, Buxus, Laurus, Andromeda ꝛc.) wächſt am beſten aus Stecklingen von diesjährigem, vollkommen erhärtetem Holze, das im Juli bis September geſchnitten wird.

Die Stecklinge können ins freie Land oder in Holzkäſten, die im Freien bleiben, an einen halbſchattigen Ort in ſandige Erde geſteckt werden. Die erſten Wochen nach dem Schneiden iſt Abſchluß des direkten Sonnenlichtes empfehlenswert; ſpäter, gegen den Herbſt hin, laſſe man den Stecklingen volle Beleuchtung zukommen. Bei dieſer Vermehrungsart haben die meiſten Stecklinge bis zum Winter Wurzeln gebildet; nur wenn man ſehr ſpät im Jahre zur Arbeit gekommen, gehen die Stecklinge mit Callus in den Winter hinein. Bei den in Käſten oder Töpfe geſteckten Exemplaren erweiſt es ſich ſehr nützlich, den Gefäßen im Frühjahr Bodenwärme zu geben; es bilden ſich alsbald die Wurzeln. Namentlich empfehlenswert iſt das Verfahren bei Coniferen (Thujopsis, Thuja, Cupressus, Juniperus, Sequoia). Man thut gut, die feineren Arten anzutreiben, um das Holz bereits im Juni genügend reif zu haben; immerhin werden die Stecklinge bis zum Herbſt vielfach nur Callus gebildet haben und entwickeln erſt durch den Reiz der Bodenwärme im Frühjahr ihre Adventivwurzeln.

Die Eigentümlichkeit des Stecklings, genau den an der Mutterpflanze erlangten Wachstumsmodus fortzusetzen, benutzt man zur Bildung neuer Varietäten.

Einmalige Bildungsabweichungen werden durch die Stecklingsvermehrung festgehalten: buntblättrige Pflanzen, verbänderte Exemplare, gefüllt-blühende Varietäten ꝛc. Besonders interessant sind die Beispiele von vorübergehenden, im Habitus abweichenden Jugendzuständen bei Coniferen, die durch Stecklingsvermehrung fixiert und als neue Arten und Gattungen in den Handel gebracht worden sind. So wird angegeben, daß, um Chamaecyparis squarrosa zu erlangen, man die kleinen Zweigchen mit kreuzständigen Blättern von Biota orientalis, welche sich dicht über den Cotyledonen befinden, zu Stecklingen nehmen muß. Ebenso geben Stecklinge aus Erstlingstrieben von Callitris quadrivalvis eine neue Form. Der fixierte, jugendliche Zustand von Cupressus sempervirens dürfte in C. Bregeoni zu finden sein; aus Cupressus Lawsoni geben die Erstlingstriebe eine Form mit abstehenden Blättern. Retinospora ericoides wurde von Chamaecyparis sphaeroidea var. Andalyensis gewonnen u. s. w.

Von den Wurzelstecklingen ist bereits bei dem Absenken vorübergehend die Rede gewesen. Es sind Teile der unterirdischen Achse, welche durch das Zerschneiden zur Adventivknospenbildung angeregt werden. Der aus solchen Knospen sich entwickelnde Zweig wird zur selbständigen Pflanze von kräftigem Wachstum, wenn er aus seinem eigenen Gewebe Adventivwurzeln treibt. Ailanthus, Aralia, Paulownia, Rosa, Pirus Malus, Mespilus u. a. lassen sich in dieser Weise vermehren, wenn man eben vor dem ersten Triebe im Frühling oder vor Beginn des zweiten Triebes (Juli) stärkere Wurzeläste ablöst, in etwa 5 cm lange Stücke schneidet und diese flach in Reihen des Bodens auslegt. Von Coniferen werden Araucaria, Podocarpus und Gingko als für derartige Vermehrung geeignet genannt, namentlich wenn man Bodenwärme anwenden kann.

Bei manchen Pflanzen (Vitis vinifera, Paeonia arborea) läßt sich eine vorteilhafte Vermehrung auch durch Augenstecklinge erzielen. Die Knospen werden im Frühjahr aus dem alten Holze derart ausgeschnitten, daß sie langen Okulationsaugen mit Holz gleichen und mit der Schnittfläche flach auf sandigen Boden in Töpfen ausgelegt. Die Töpfe werden in ein warmes Beet eingefüttert.

Auch bei Pflanzen, deren Achsenkörper fleischig ist, kann man die Augen zur Vermehrung herausschneiden (Kartoffeln, Caladien ꝛc.), oder den ganzen

Knollenkörper in einzelne Stücke zerteilen. In diesem Falle kann man von Knollenstecklingen sprechen. Ihr Wachstum ist in der Regel ein gesichertes, wenn man die Vorsicht gebraucht, die Schnittflächen ein paar Tage in trocknem Raume aufzubewahren, bevor man die Stücke der Erde anvertraut. Bei derartiger Aufbewahrung wird die Bildung einer Korklage begünstigt, welche an der Oberfläche unmittelbar unter den angeschnittenen Zellen entsteht und nun den besten Schutz für das fleischige Gewebe gegen Fäulnis herstellt.

§ 36. — Was bezwecken wir mit der Veredlung, und welche Methode entspricht am besten dem gewünschten Zwecke?

Bei der Veredlung lösen wir eine oder mehrere Knospen von der Mutterpflanze und übergeben sie einem älteren Exemplar zur Ernährung. Durch diese Einfügung jugendlicher Pflanzenteile in einen älteren Organismus lassen wir dieselben an den Vorteilen des vorgeschrittenen Alters teilnehmen, machen sie selbst älter.

Alle Veredlungen beruhen auf Verwundungen; es wird deshalb diejenige Methode die beste sein, bei welcher die Wundheilung am schnellsten und vollkommensten erfolgt.

Die Schnelligkeit der Wundheilung hängt unter sonst gleichen Umständen davon ab, wie groß der Anteil ist, den die Vernarbungsgewebe bildende Zone (also das Cambium) im Verhältnis zur gesamten Wundfläche besitzt. Je größer die Cambiumfläche bei einer Wunde, desto günstiger.

In dieser Beziehung am günstigsten erweist sich die Okulation, d. h. das Einfügen eines Auges direkt auf den Cambiumring des Wildlings. Um zu dieser cambialen Region zu gelangen, wird bekanntlich die Rinde durch den sogenannten T Schnitt gelüftet und unter die abgehobenen Rindenlappen das Edelauge geschoben. Dasselbe kann entweder nur mit einem Rindenschildchen versehen sein oder auch noch den bei dem Ausschneiden des Auges aus dem Zweige anhaftenden Holzkörper führen. Im letzteren Falle spricht man vom „Okulieren mit Holz".

Bei der Okulation kann der Verwachsungsprozeß nun von allen miteinander in Berührung kommenden Flächen eingeleitet werden. Da die Rindenflügel des Wildlings in der Cambiumzone abgehoben werden, so bleibt auf dem Holze der jüngste Splint, an den abgehobenen Rindenlappen die jüngste Rinde. Von der inneren Rindenfläche sowohl wie vom jungen

Holzkörper aus erheben sich unter normalen Verhältnissen neue Zellmassen, welche die Lücken zwischen Edelauge und Wildling auszufüllen streben. Später nimmt auch das Edelauge selbst teil, indem es von der Innenfläche seines Schildchens aus ähnliche callusartige Zellreihen entsendet, wie die abgehobenen Rindenflügel des Wildlings es thun.

Wird das Auge mit Holz eingesetzt, dann kann bei der Vernarbung nur die schmale Cambiumzone des Edelauges thätig sein. Insofern ist das Okulieren mit Holz ungünstiger; das Edelauge bietet nicht so viel Verwachsungsfläche. Indes ist dies bei kräftigen Wildlingen belanglos, da sie so schnell Wundcalluns bilden, daß von der Beteiligung des Edelreises zunächst abgesehen werden kann. Dagegen ist die Methode bei nicht gut lösendem Holze und namentlich bei wenig geübten Praktikern bedeutend sicherer. Unter den genannten Verhältnissen gehen durch das Ablösen des Holzes vom Rindenschildchen viel Augen dadurch verloren, daß auf dem abgeplatzten Holzspänchen der Gefäßbündelkörper des Edelauges in Gestalt eines harten, stumpf kegelförmigen *Wärzchens sitzen bleibt*, und das Auge, gleichsam als leere Hülse eingeschoben, treibt, selbst wenn das Schildchen anwächst, nicht aus.

Wie schnell bei der Okulation die Verwachsungsprozesse sich einleiten, kann man aus den Veränderungen sehen, die sich alsbald bemerkbar machen. Schon nach 12 Stunden läßt sich an den Wundrändern der Rinde und des Holzkörpers eine Verdickung der Zellmembranen erkennen, wobei der Inhalt der äußersten Zelllagen voluminöser wird.

Es kommt aber ziemlich häufig vor, daß nicht alle Wundflächen Vernarbungsgewebe bilden. Wenn das Splintgewebe nicht in Vermehrung tritt, dann quellen und bräunen sich seine Zellmembranen; die äußersten Zelllagen des Splintes sinken zusammen und bilden später einen braunen, dicken, unregelmäßigen Streifen. Die Verfärbung ist jedoch nur ganz schwach oder fehlt gänzlich, wenn diese Zellen vermehrungsfähig bleiben, und die dann sich entwickelnde Thätigkeit ist eine so intensive, daß man bisweilen schon nach 2 Tagen (Esche) eine vielschichtige Calluslage hervorgebracht sieht. Der Vorgang der Bildung des Wundcallus ist der bei den Schälstämmen beschriebene.

An den abgehobenen Rindenflügeln sterben die unmittelbar an die Schnittränder grenzenden Zellen meist ab; die mehr nach innen gelegenen wölben sich wohl hervor, aber gehen selten über die Bildung von Kork hinaus und erst die näher an dem inneren Winkel liegenden zeigen reiche Zellvermehrung und Wundcallusbildung. Wenn aber auch die beteiligten Wundflächen innerhalb der Okulationswunde nur mäßig in Zellvermehrung

treten, so genügt dies doch in der Regel, einen vollständigen, vorläufigen Wundschluß herzustellen. Wir sagen „einen vorläufigen Schluß"; denn thatsächlich bleibt das zuerst entstandene Gewebe meist nur kurze Zeit. Sobald nämlich dieser Wundcallus eine größere Ausdehnung erlangt und einem gewissen Drucke ausgesetzt erscheint, entsteht in seinem Innern eine Meristemzone, die sich mit der Cambiumzone vereinigt, welche aus den Rindenwinkeln herkommt. Diese Zone bildet nun das eigentliche Kittgewebe aus Holzparenchym, welches das erstentstandene, zartwandige Schlußgewebe zusammenpreßt und sich allmählich mit Reservestärke füllt.

Schließlich sieht man die Cambiumzone des Edelauges in Verbindung treten mit der Fortsetzung des Wildlingcambiums und damit ist am veredelten Stamm wieder ein zusammenhängender Cambiummantel gebildet, von dem das Edelreis jetzt einen integrierenden Teil bildet. Das eingesetzte Auge ist angewachsen und benimmt sich jetzt wie ein Wildlingsauge (Fig. 28).

In der umstehenden Figur, dem Querschnitt einer Okulationsstelle, kommen diese Verhältnisse sämtlich zur Darstellung.

W ist der Wildling, RL sind die Rindenlappen, die durch den T-schnitt abgehoben worden sind, E das zwischen die Lappen eingeschobene Edelauge.

Am Wildling ist hh das alte Holz des Vorjahres, sh das diesjährige, bis zur Okulationszeit gebildete Holz. In dem Rindenlappen RL ist bei b der Hartbast, bei t das abgestorbene Gewebe des Schnittrandes zu finden. Bei der Ausführung des Tschnittes erfolgte das Abheben der Rinde im jüngsten Splint, so daß schon die jüngsten Gefäßanlagen g und die davor liegenden Cambiumschichten c auf dem Rindenlappen verblieben, welcher Fall nicht selten in der Praxis vorkommt. Vielfach ist es aber auch umgekehrt, indem Cambium und die jüngsten Rindenzellen auf dem Holze stehen bleiben.

Schon nach 12 Stunden ist eine Veränderung an den Wundrändern nachweisbar, indem die Zellmembranen sich verdickt und gelblich gefärbt haben; alsbald tritt Zellvermehrung ein und zwar bei kräftigem Wildling die Wundcallusbildung ok aus dem Splint heraus (wie bei den Schälwunden). Auf den Rindenlappen wölben sich die plasmareicheren Randzellen zunächst hervor (k) und ihre Thätigkeit steigert sich nach dem Winkel hin, wo die Rinde noch auf dem Holze festsitzt bis zur reichlichen Callusbildung (ok).

Diese schnell gebildeten Callusmassen von Rinde und Holz und (unter günstigen Umständen) auch vom Edelauge vereinigen sich zum vorläufigen Schluß der Okulationswunde.

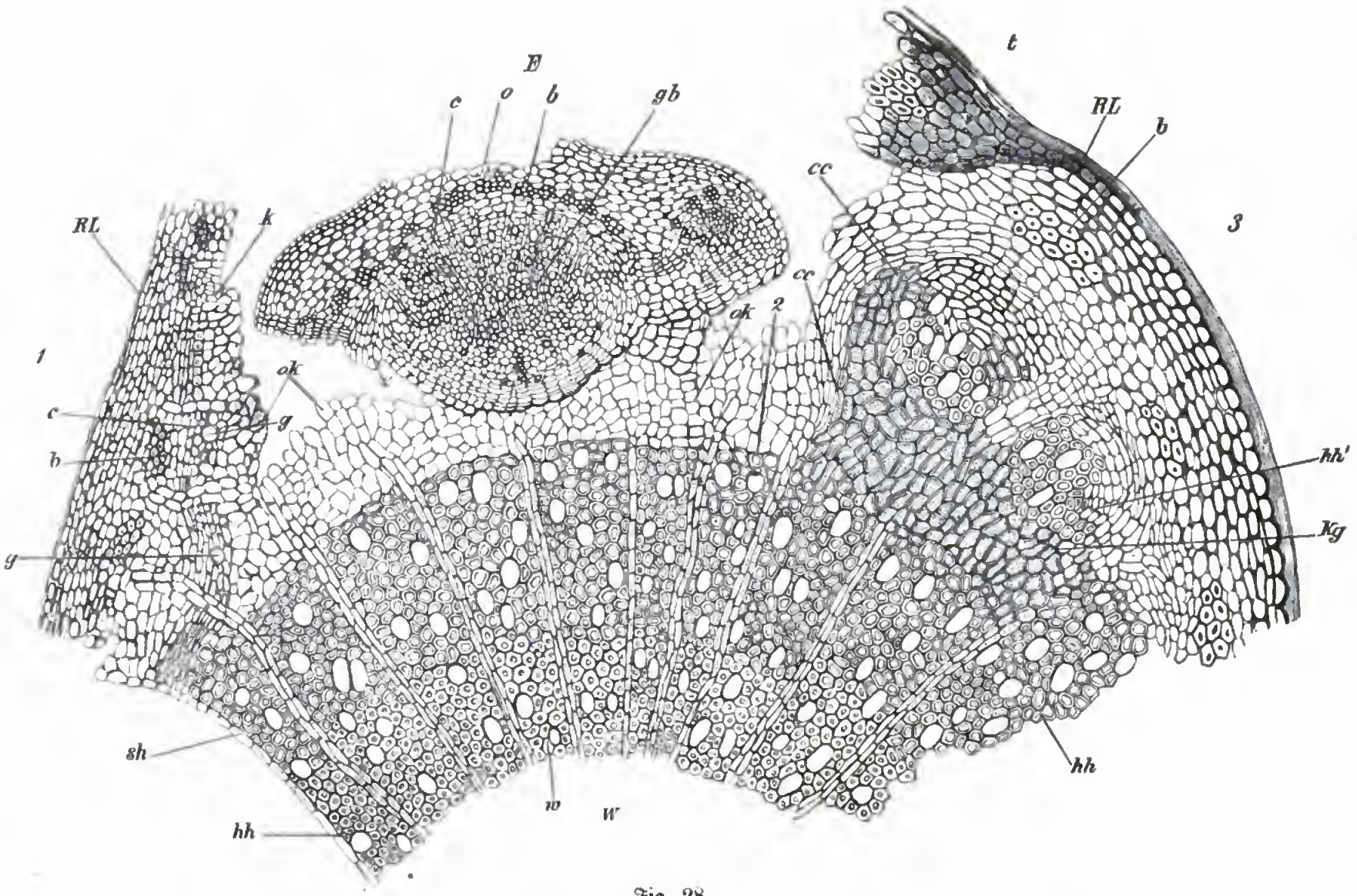

Fig. 28.

Rosenokulant, dessen linke Hälfte (von 1—2) die Verwachsungsvorgänge 6 Tage nach Ausführung der Veredlung zeigt, während die rechte Seite (von 2—3) den Wundheilungsprozeß 4 Wochen später darstellt.

Später tritt die Thätigkeit der Cambiumzone des Rindenlappens c c, die als Fortſetzung des Cambiumringes der unverletzten Stammregion ſich darſtellt, mehr in den Vordergrund; es entſteht das eigentliche, dauernde Kittgewebe aus Holzparenchym k g und dieſes ſtellt den Anfang eines unter geringem Druck ſich fortbildenden Holzkörpers dar. Dieſes parenchymatiſche Holz preßt bei ſeiner Vermehrung allmählich alles zartwandige, erſtgebildete, den Charakter von Rindenparenchym bewahrende Gewebe (o k), das den erſten Wundſchluß darſtellte, zuſammen. Allmählich iſt zwiſchen 1 und 2 das ganze Gewebe o k durch Stärke ſpeichernde Zellen vom Charakter k g verdrängt.

Das Edelreis E iſt hier in der Zeichnung ein Auge mit Rindenſchildchen ohne Holzkörper; die eigentliche Knoſpe liegt in der Richtung von o über der hier dargeſtellten Querſchnittfläche, welche nur das zur Knoſpe führende große Gefäßbündel (g b) enthält. Rechts vom Hauptgefäßſtrang ſehen wir noch einen kleineren, dem ein (hier weggeſchnittenes) zweites Bündel auf der andern Seite entſpricht. Dieſe kleineren Seitenbündel ſind für den Erfolg der Veredlung belanglos, das Hauptbündel dagegen maßgebend. Es iſt das Höckerchen, das auf der Innenſeite des abgehobenen Rindenſchildchens vorhanden ſein muß, wie jeder Veredler weiß, wenn ein Okulant austreiben ſoll. Iſt an Stelle des Höckers eine kleine Grube, dann iſt das zum Auge gehörige, den Holzcylinder des neuen Triebes bildende Bündel (g b) am Mutterzweige ſitzen geblieben. Das Edelauge ſtellt dann eine gefäßloſe Hülſe dar, deren Rindenſchildchen wohl anwachſen, aber niemals austreiben kann.

Der günſtigſte Verwachſungsprozeß iſt der, wenn auf der ganzen Innenfläche des Schildchens ſich, wie in der Figur, Wundcallus bildet. Die unterhalb des Hartbaſtſtranges (b) liegende Cambiumzone des Bündels hat am reichlichſten neue Zellen gebildet, wie der vorſpringende Zipfel (z) zeigt. Die Cambiumzone (E, c) des Schildchens verbindet ſich ſpäter mit der des Wildlings (cc) und damit iſt wieder am ganzen Stammumfange ein zuſammenhängender Cambiumcylinder hergeſtellt, wodurch das Edelauge in den Kreis der normalen Stammernährung eingefügt erſcheint.

Den Verwachſungsprozeß bei der Kopulation brauchen wir gar nicht eingehend zu beſchreiben; wir wiſſen ja bereits, wie ein ſchräg abgeſchnittener Zweigteil vernarben muß. Aus der Cambiumzone heraus wölben ſich die anfangs callusartigen, ſpäter feſteren Gewebemaſſen und ſuchen die bloßgelegte Holzfläche zu überdecken. Das Edelreis verhält ſich wie ein Steckling, indem es das für die Callusbildung nötige Material aus ſeinen

gespeicherten Reservestoffen hergiebt und abwärts wandern läßt. Der an seiner Spitze schräg abgeschnittene Wildling nimmt das Vernarbungsmaterial aus der Nähe der Schnittfläche, die einem bald in Vegetation tretenden Auge gegenüberliegt. Der aus diesem Auge sich entwickelnde Zweig schafft durch seine eigene Blattarbeit alsbald neues Baumaterial abwärts, so daß die Schnittfläche ihre Überwallung vollenden kann.

Nun liegen aber die beiden Schnittflächen von Edelreis und Wildling dicht aufeinander; die hervorquellenden Überwallungsränder müssen somit einander bald berühren und pressen. Die Folge dieses Druckes ist das Verschmelzen des Überwallungsgewebes von Edelreis und Wildling, deren Cambiumzonen miteinander in Verbindung treten und auf diese Weise wieder einen zusammenhängenden Cambiummantel herstellen. Je dichter die Schnittflächen aufeinander liegen, jemehr der Cambiumring des Edelreises der Wildlingscambiumzone genähert ist, desto schneller treffen die verbindungsfähigen Zellen einander und desto leichter und inniger vollzieht sich die Verwachsung. Daher die Regel der Praktiker, daß bei allen Kopulationen und sonstigen Zweigveredlungen die Cambiumzonen aufeinander treffen müssen. Dies ist nur dann vollkommen möglich, wenn Edelreis und Wildling gleich stark sind. Sind die Durchmesser der beiden zu verbindenden Glieder verschieden, so muß man sehen, wenigstens an einer Seite die beiden Cambiumstreifen dicht übereinander zu bringen, um nur das Edelreis zunächst in den Ernährungsstrom des Wildlings hineinzubringen, namentlich es bald mit Wasser zu versorgen.

Klebt das Edelreis erst einmal an einer Seite, so daß es nicht mehr Wassermangel leiden kann, dann hilft es sich von selbst alsbald weiter. Die austreibenden Knospen bereiten so viel Baustoffe, daß sich in kurzer Zeit sehr üppige Überwallungsränder bilden und diese auch auf den nicht passenden Zweigseiten die Verwachsung vermitteln. Man bemerkt dies am häufigsten bei Süßkirschen, die schlecht gebunden worden sind. Das Edelreis ist dann bisweilen schief gedrückt, weil auf der klaffenden Seite der Kopulationswunde sich dicke, flügelartige Überwallungsränder ausgebildet und anfangs sich nicht vereinigt haben.

An solchen Beispielen sieht man die Nützlichkeit des festen Bindens; die Vernarbungsgewebe dürfen einander nicht abdrücken. Wenn das Edelreis nicht nachgeben kann, so reiben die Überwallungsränder einander und verschmelzen. Dem Auseinanderweichen von Edelreis und Wildling wird durch das sog. englische Pfropfen oder Zungenpfropfen vorgebeugt.

Am ſchwierigſten zeigt ſich der Verwachſungsprozeß bei dem Pfropfen in den Spalt. Das Gefährliche iſt die Holzwunde, die der Wildling erhält, wenn er behufs Aufnahme des Edelreiſes entweder geſpalten wird oder ein keilförmiges Stück herausgeſchnitten bekommt. Die beiden Flächen der keilförmigen Wunde liegen im alten Holzgewebe, von welchem keinerlei Neubildung von Kittgewebe ausgehen kann. Der Verſchluß des ganzen tiefen Spaltes kann nur dadurch erfolgen, daß ſich von der peripheriſchen Cambiumzone aus das Kittgewebe in den Spalt hineinzwängt. Dies erfolgt aber nur ſelten in vollkommener Weiſe; meiſt bleiben im Innern des Stammes Lücken, an deren Rändern ſich das Gewebe bräunt und abſtirbt. Kann Waſſer in dieſe Lücken eintreten, ſo findet ſich leicht eine allmählich weitergreifende Fäulnis ein. Die einzelnen Holzarten verhalten ſich dem Spaltpfropfen gegenüber ungemein verſchieden und bei einzelnen Gattungen kann das Verfahren ohne jegliche Beſorgniß ausgeübt werden, weil ſie (z. B. die Linde) die Fähigkeit beſitzen, das Gewebe der Markkrone in erneute Thätigkeit treten zu laſſen. Man ſieht dann aus dieſem Teile des Markes auch Vernarbungsgewebe hervorgehen, ſich in die Wundſpalten hineinpreſſen und mit dem von der Rinde her kommenden Kittgewebe vereinigen.

Ein ſolches Beiſpiel vollkommenſter Verwachſung der Spaltpfropfung liefert Fig. 29, die einen Querſchnitt durch einen zweijährigen Wildling von Tilia europaea darſtellt, in welchen ein Reis der Silberlinde gepfropft worden iſt.

Das Meſſer hat den Wildling (W) in zwei Hälften klaffend auseinander geſpalten; das Pfropfreis (Pf) derart zugeſchnitten, daß auf beiden Seiten Rinde ſtehen geblieben, iſt bis mitten in das Mark des Wildlings eingeſchoben. Die braunen Ränder s ſind die Grenzen zwiſchen Wildling und Edelreis. Überall bedeutet h h das alte, im Vorjahr gebildete, n h das neue, im Veredlungsjahr entſtandene Holz; g Gefäße, c Cambiumzone, m z die normalen, derbwandigeren, unverändert gebliebenen Markzellen. r p iſt das normale Rindenparenchym mit b, den konzentriſch geordneten Hartbaſtſträngen; r c Anfangsregion des Rindencallus.

Sobald das Edelreis in den Spalt geſchoben worden war, ſtellte ſich ſofort das Beſtreben nach Wundſchluß ein. Die angeſchnittenen Gewebe der alten Rinde ſtarben ab und wurden von dem lebendigen durch eine Korklamelle (k) abgetrennt. Die junge Rinde, das Cambium, das Jungholz und hier auch die Zellen des Markes, ſoweit ſie die Markkrone darſtellen, traten in ſchnelle Zellvermehrung und bildeten Callus, der ſich in alle Lücken

zwiſchen Wildling und Edelreis hineinpreßte. Die Pfeile im Gewebe deuten die Richtung an, welche die Callusmaſſen einſchlagen und die dunklen

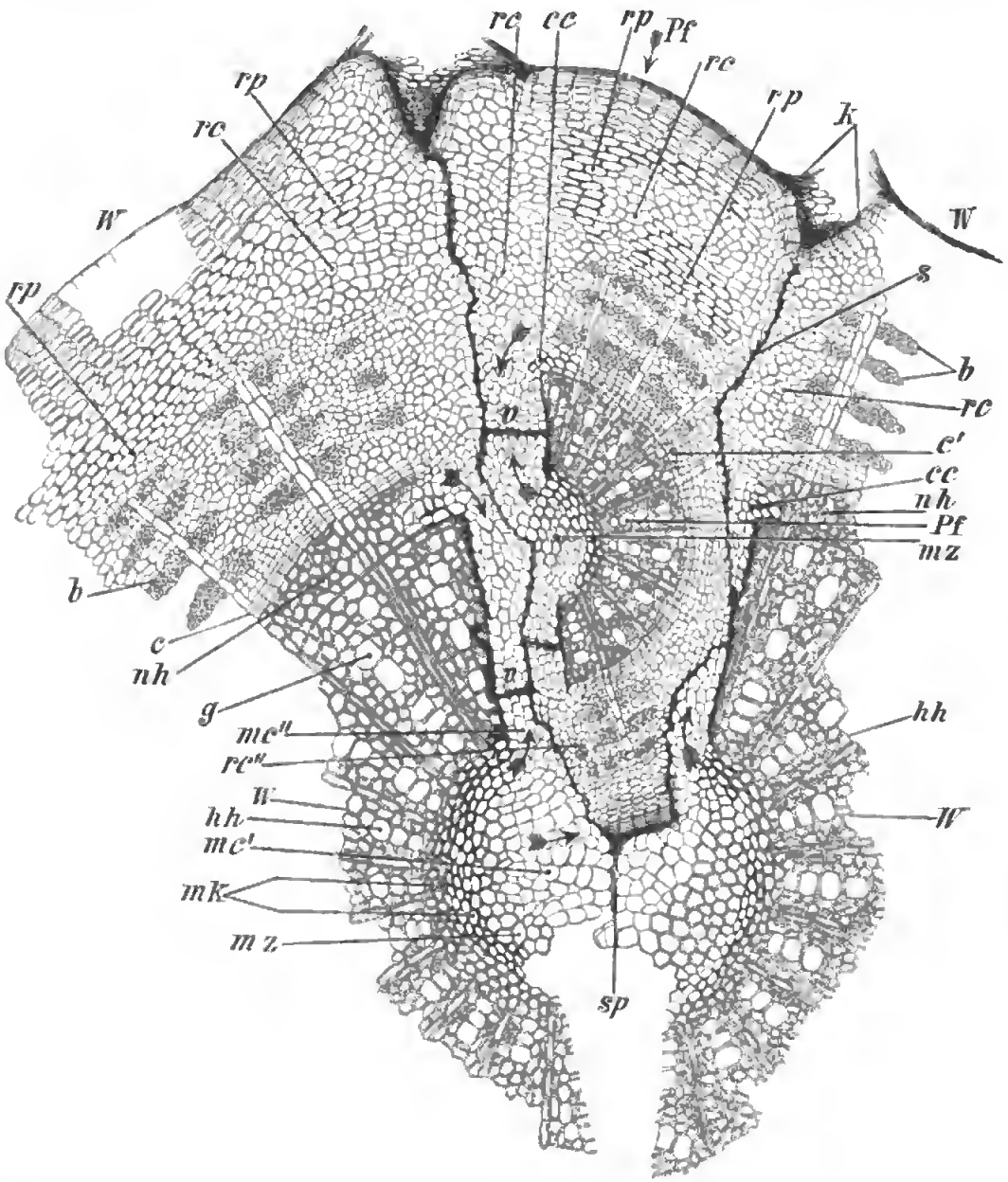

Fig. 29.
Spaltpfröpfling einer zweijährigen Linde (Tilia europaea). Das Edelreis (Pf) iſt bis auf den Markkörper des Wildlings eingeſchoben worden. Die Pfeile bedeuten die Richtung, in welcher die Vernarbungsgewebe aufeinander zuwachſen, um die Spaltwunde zu ſchließen. (Buchſtabenerklärung im Text.)

Linien v bezeichnen die Vereinigungsſtreifen der jugendlichen Gewebemaſſen. Den Hauptanteil an dem Wundſchluß hat, wie wir ſehen, der von der

Rinde gelieferte Callus r c; beteiligt hat sich aber auch das Neuholz n h und das Mark, das z. B. bei m c^{II} verschmolzen ist mit dem aus der inneren Pfropfreisrinde hervorgetretenen Callus r c^{II}. Der nicht vom Edelreis ausgefüllte Wundspalt s p hat sich dadurch geschlossen, daß die Zellen der Markkrone (m k) des Wildlings z. Th. in Vermehrung getreten und die weitzelligen, an der Spitze fortwachsenden Callusreihen m c^{1} gebildet haben, die schließlich auf die Zellen der entgegengesetzten Seite gestoßen sind.

Wir sehen also hier sämtliche Hohlräume zwischen Wildling und Edelreis, deren Cambiumzonen c und c^{1} miteinander in Verbindung treten, vollkommen geschlossen und überzeugen uns, daß unter solchen Umständen das Spaltpfropfen so ungefährlich wie jede andere Veredlungsart ist.

Ähnlich günstig gestaltet sich der Verwachsungsprozeß, wenn man das Edelreis nicht dreiseitig keilförmig zuschneidet, sondern an zwei entgegengesetzten Seiten nur zuschärft, so daß an den abwechselnden beiden Seiten Rinde bleibt. Es kommt dann auch eine berindete Keilseite des Edelreises in das Innere des Spaltes und erzeugt dort ebenfalls Vernarbungsgewebe, das die Spaltwunde ausfüllen hilft. Gänzlich zu umgehen ist das Spaltpfropfen nicht. Bei dem Umveredeln alter Stämme, deren Rinde sich nicht löst, bei dem Pfropfen von Reisern auf Wurzelstücke (Paeonia arborea, Clematis, Bignonia etc.) erweist sich die Methode als vorteilhaft.

Nach Besprechung der drei Haupttypen der Veredlung können wir jetzt die vielfachen zur Anwendung gelangenden, abgeleiteten Formen auf ihre Nützlichkeit selbst prüfen.

So kann man beispielsweise die Spitze der Okulierreiser, also Zweige mit Vorteil im August in einem durch T schnitt gelüfteten Stamm einschieben; die Zweigspitze wird wie ein Kopulationsreis geschnitten. Sehr vorteilhaft und größerer Verbreitung wert ist diese Methode im Frühjahr, sobald die Rinde der Wildlinge gut löst; man zerschneidet dann alle über Winter aufgehobenen Kopulationsreiser in Stücke mit 2—3 Augen, wobei der einzuschiebende Teil auf seiner Rindenseite ein Auge trägt. Namentlich zum Ersatz eines fehlenden Zweiges bei einem Formbaum und zur Benutzung alter Unterlagen, welche zum Einsetzen eines Auges nicht mehr tauglich sind, ist diese Zweigokulation anzuraten.

Ebenso schonend für den Wildling, dem die Krone belassen werden kann, ist das seitliche Kopulieren oder Anlegen. Bei immergrünen Gewächsen (Koniferen, Kamelien, Rhododendron, Azaleen u. dgl.) wird

das mit Blättern versehene, vorjährige Zweigstück als Kopulationsreis zugeschnitten und von dem Wildling ein berindeter Holzspan in derselben Größe seitlich weggenommen, so daß die entstandene Wunde möglichst genau durch die Schnittfläche des Edelreises gedeckt wird.

Verwandt mit dieser Methode ist das Einspitzen. Anstatt einen Span vom Wildling fortzuschneiden, läßt man die Rindenzunge unten in Verbinduug mit dem Stamme, so daß also eigentlich nur ein schräger Spalt seitlich in den Stamm gemacht wird. In diesen Spalt wird das durch zwei konvergierende Schnitte zugeschärfte Edelreis eingeschoben und verbunden. Besser noch ist das Verfahren, den Spalt nur einseitig zu machen. Also eigentlich nur das oben abgerundete Okuliermesser an einer Stammseite durch die Rinde bis in das Holz hineinzudrücken, ohne daß die Spitze auf der andern Seite herauskommt. In diese tangentiale Längsspalte wird das wie eine Messerklinge zugeschnittene Edelreis eingeklemmt.

Bei stärkeren Bäumen und schwachen Edelreisern sollte man, so oft es angeht, das Spaltpfropfen durch das Rindenpfropfen, also das Einschieben des Reises in die Cambiumzone des abgestutzten Wildlings ersetzen.

Wie sollen die Veredlungen gebunden werden? Diese Frage wird häufig gestellt und verschieden beantwortet. Die richtige Beurteilung ergiebt sich aus der Betrachtung des Zwecks, den wir durch das Binden erreichen wollen und des Materials, das wir dazu verwenden. Wir haben erwähnt, daß kräftig wachsende Veredlungen darum schlechter verwachsen, weil die üppigen Verwallungsgewebe von Edelreis und Wildling einander abdrängen. Das Band soll diesem Übelstande vorbeugen und das Edelreis dicht an der Cambiumzone des Wildlings festhalten. Ist die Vereinigung erst erfolgt und das von den Blättern des Edelzweiges gelieferte, plastische Material beginnt seine normale Wanderung abwärts, so fängt das Dickenwachstum der Gesamtachse an. Vermag das zum Umwickeln der Veredlungsstelle verwendete Material (mit Baumwachs bestrichene Papierstreifen, lockere Wollfäden) sich genügend zu dehnen, dann wird eine Beeinträchtigung des Verdickungsvorganges an der Veredlungsstelle nicht erfolgen. Haben wir dagegen mit scharf gedrehten Woll- oder Bastfäden gebunden, so zeigt sich alsbald ein Einschneiden derselben in die Rinde und dies ist zu vermeiden. Es folgt daraus, daß die Veredlungen besser mit flachen als mit gedrehten Bandstreifen festgehalten werden und daß man hohlliegende Schnittflächen nicht durch zu scharfes Anziehen des Verbandes einander nähern soll. Bei geübten Veredlern kommen hohlliegende Schnittflächen selten vor. Ungeübte thun gut, die Gefahr des Austrocknens schlecht

schließender Veredlungswunden durch Verstreichen derselben mit Baumwachs zu vermeiden. Wenn Wildling und Edelreis gut „im Safte", die Manipulation geschickt ausgeführt, der Verband gedrängt aber nicht schnürend angelegt wird, so kann die zeitraubende Arbeit des Verstreichens der Wunden oft gespart werden. Ein gutes, billiges, kaltflüssiges Baumwachs kann man sich aus Weißpech herstellen, indem man dasselbe schmilzt und in die flüssige Masse für je 500 gr 130 gr Alkohol einrührt. Je schärfer anfangs gebunden worden ist, desto schneller ist der Verband zu lösen.

§ 37. — Inwiefern beeinflussen Edelreis und Wildling einander gegenseitig?

So lange man glaubte, daß das Cambium ein Saft wäre, der zwischen Rinde und Holz in der Pflanze cirkulierte, war man fest überzeugt, daß eigentlich die Charaktere von Edelreis und Wildling allmählich sich vermischen müßten. Jetzt wissen wir, daß das Cambium ein Gewebe ist, dessen junge Zellen schon von ihrer ersten Entstehung her die Arbeitsrichtung der Mutterzelle geerbt haben, also immer in derselben Weise fortarbeiten, immer dieselbe Ausbildung von Wand und Inhalt zeigen werden wie ihre Vorgänger. Es werden sich im wesentlichen die Eigenschaften des Edelreises sowohl, als die der Unterlage gesondert auch nach der Veredlung weiter entwickeln.

Nun ist zwar nicht zu leugnen, daß da, wo die Vernarbungszellen des Edelreises sich mit denen des Wildlings verkittet haben, die Nachbarzellen verschiedener Abstammung einander beeinflussen werden. Jede Zelle filtriert und kocht nach eigenem Rezept und was von ihrem Inhalt durch Diffusion oder (bei den Siebgefäßen) durch kompakte Substanzwanderung auf die anstoßenden Elemente übergeht, wird die Art der Ernährung derselben immerhin ändern; mit der Ernährungsänderung würde auch ein Wechsel der Eigenschaften verbunden sein. Daher ist es keineswegs wunderbar, Beeinflussungen von Edelreis und Wildling aufeinander nachweisen zu können; aber eine Verschmelzung der Eigenschaften beider findet niemals statt, weil die hauptsächlichsten Bildungsrichtungen in jeder Zelle zu fest angeerbt sind, als daß sie durch verhältnismäßig kleine Ernährungsänderungen irritiert werden sollten.

Abgesehen von diesen Umständen wird aber auch der Veredlungsvorgang *mechanisch* insofern *wirken*, als er zur Folge hat, daß in dem neugeschaffenen, aus zwei Teilen zusammengesetzten Individuum sich eine Querzone von kurzzelligem Holzparenchym, nämlich die Kittschicht, eingeschoben findet.

Durch diese Kittschicht ist allen Leitungswegen ein Hindernis geschaffen; die Holzröhren des Wildlings setzen sich nicht, soweit sie vor der Veredlung schon entstanden waren, direkt in das Edelreis hinein fort, weil die Kittschicht dazwischen liegt. Und wenn später die Verwachsung erfolgt und der zusammenhängende Cambiummantel ununterbrochene Leitungsröhren über die Veredlungsstelle hinweglegt, so haben dieselben dort doch viele Jahre hindurch einen geschlängelten Verlauf, der auch verlangsamend auf den Stofftransport einwirkt.

Durch den Verwachsungsprozeß bei der Veredlung wird also für eine Reihe von Jahren eine Verlangsamung im Stofftransport hervorgerufen.

Nun lassen sich aber auch einzelne Beispiele augenfälliger Änderungen nachweisen. Eine der bemerkenswertesten ist die Übertragung der Weißblätterigkeit (albicatio) vom Edelreis auf den Wildling und auch umgekehrt. (Passiflora, Jasminum, Abutilon.) [1])

Weniger häufig sind die Fälle, in denen das Auftreten eines roten Zellsaftes in den Blattzellen des Edelreises sich auf den Wildling fortgepflanzt hat. Beobachtet wurde die Erscheinung einmal bei Bluthaselnuß und ein anderes Mal bei Blutbuche. Ganz vereinzelt sind die Angaben von einer Beeinflussung der Blüte des Wildlings. So soll ein

[1]) Dieser Vorgang läßt sich allerdings auch auf mechanische Einwirkungen zurückführen. Das Erscheinen weißer Blattstellen und Blätter beruht darauf, daß in einzelnen Gewebepartien der Zellinhalt verarmt erscheint; es bilden sich keine Chlorophyllkörner, sondern der Plasmakörper erscheint als eine farblose, wolkige Masse. Die Zellen haben also bei ihrer Anlage zu wenig plastisches Material erhalten und waren auch später nicht in der Lage, dasselbe zu vermehren. Nun sieht man aber, daß es bei einzelnen, zur Weißlaubigkeit neigenden Pflanzen gelingt, durch fortgesetztes Pincieren der krautartigen Triebe bei andauernd reicher Beleuchtung einzelne Seitenaugen zur Bildung bunter Triebe zu veranlassen. Man kann sich dies dadurch erklären, daß durch das frühzeitige Wecken dieser Triebe die Gewebe nicht genügend plastische Baustoffe mitbekommen haben und sich schnell entwickeln mußten. Der Veredlungsvorgang wirkt nun, wie das Pincieren, weckt vorzeitig Seitenknospen, die noch nicht Baustoffe genug zur Verfügung haben. Die Blätter strecken sich, werden bei der sommerlichen Beleuchtung schnell alt, können neues Material in die verarmten Zellpartien nicht schaffen und diese bleiben daher chlorophyllos. Das wäre also keine Übertragung einer Eigenschaft, sondern ein Hervorrufen derselben stets von neuem infolge des Entspitzens der Pflanze bei der Veredlung. Daraus erklärt sich auch die Erscheinung, daß gar nicht selten die weißblätterigen Zweige nicht direkt in der Nähe der Veredlungsstelle, sondern in größerer Entfernung von derselben auftreten, während grüne Triebe der Verwachsungsstelle zunächst liegen.

weißblütiges Jasminum, das mit einem gelbblumigen veredelt worden war, bisweilen gelbe Blumen getragen haben.

Allbekannt dagegen sind die Einflüsse auf den Wachstumsmodus, den gewisse Obstunterlagen auf den Edelstamm ausüben. Äpfel auf Johannisstamm oder Paradiesäpfel bleiben niedrig und setzen bisweilen schon in dem auf die Veredlung folgenden Jahre Blütenaugen an. Auf dem Splittapfel werden die Formen größer und die Fruchtbarkeit beginnt später; auf Apfelwildling kommt endlich die normale Baumform zur Entwicklung, aber die Krone erlangt erst nach einer Reihe von Jahren ihre Fruchtbarkeit. Für Birnen geben die Quitte und der feuchten Boden liebende Weißdorn die Zwergunterlagen. Bäume auf derartigen Unterlagen besitzen erfahrungsgemäß keine so lange Lebensdauer als die auf Wildlingsstämmen.

Es liegen nun noch eine ganze Reihe von Angaben vor, die wir hier auch teilweis wiedergeben wollen; indes geschieht diese Aufzählung weniger, um die Fälle als allgemein gültige Erfahrungen hinzustellen, als vielmehr um zu neuen Versuchen in dieser Richtung anzuregen. Es fehlt bisher an systematisch durchgeführten Versuchen.

So wird im allgemeinen angegeben, daß baumartige Gehölze besser auf strauchartigen zu gedeihen pflegen, als umgekehrt. Sauerkirschen auf Süßkirschen gedeihen weniger gut, als diese auf jenen. Von Cabanis wird behauptet, daß die spätausschlagenden Varietäten von Nußbäumen und Kastanien auf frühtreibenden niemals geraten; dagegen soll bei Kernobst diese Methode der Veredlung später Sorten auf frühe von gutem Erfolge begleitet sein und eine frühere Reife der Früchte bedingen. Bei Pfirsichen scheint die wechselseitige Veredlung später und früher Sorten günstig zu wirken. Mandeln auf Pflaumen und umgekehrt sollen sehr gut anwachsen, aber nach einem oder wenigen Jahren meist zurückgehen. Die üppiger wachsende Mandel beginnt früher im Jahre auszutreiben und bildet auch als Edelreis einen starken Wulst an der Veredlungsstelle. Man kann wohl als sicher annehmen, daß ein früh sich entwickelndes und dauernd mehr Wasser beanspruchendes Edelreis so lange auf einer minder üppigen Unterlage gedeihen wird, als diese imstande ist, dem Edelreise zu genügen. Kann das älter werdende Edelreis sich nicht der Unterlage anpassen, so geht es allmählich an Nahrungsmangel zu Grunde. Übrigens werden Boden, Bewässerung und Sorte die Erfolge sehr mannigfach variieren. Umgekehrt wird eine zeitig erwachende und starke Holzproduktion besitzende Unterlage einem mit weniger Ansprüchen versehenen Edelreise mehr Bodenlösung zuführen, als es verarbeiten kann. Das überflüssige Material der Unterlage

ergeht sich nun in schnellen Neubildungen. Sind viele Knospen am Wildlinge, dann macht sich der Überschuß in der Entwicklung langgliederiger Schossen Luft. Wenn aber, wie bei den Veredlungen dies der Fall ist, die meisten Seitenzweige und Augen unterdrückt sind, dann häuft sich das Material im Cambiumringe des Stammes und dann entstehen leicht an Stelle normaler Holzzellen Nester von Holzparenchym, welche empfindlicher gegen Störungen sind und bei den Steinobstgehölzen leicht zu Gummifluß neigen. Thatsächlich giebt schon Duhamel an, daß die mit Pflaumenreisern besetzten Mandelunterlagen an den Veredlungsstellen durch Gummifluß gern zu Grunde gehen.

Wenn Birne auf Quitte und Apfel auf Paradiesstamm veredelt werden, zeigt sich, daß der Tod üppiger Edelreiser umso schneller eintritt, je trockner der Boden ist und je weniger Wurzeln die Unterlage darin entwickelt. In einem Falle wurde beobachtet, daß schon die Wurzelverletzung beim Verpflanzen hingereicht hat, das Verschmachten des Edelreises zu bewirken; die unverpflanzt in der Schule stehen gebliebenen Exemplare derselben Veredlung blieben erhalten. Pfirsich auf Zwetsche soll keine besonders haltbaren Verbindungen liefern; das Edelreis soll rotgefärbtes Holz erhalten und bald zurückgehen.

Immerhin auffallend ist, daß Birne und Apfel die mit entfernter stehenden Geschlechtern sich gut veredeln lassen, mit einander wenig haltbare Verbindungen erzeugen. Apfel auf Birne wächst im allgemeinen ganz gut an, die Edelreiser tragen auch frühzeitig, aber sterben bald ab. Auch Birne auf Apfel gedeiht einige Zeit hindurch, (es hängt hierbei sehr viel von der Üppigkeit der Holzentwicklung der einzelnen Sorten ab) aber die Veredlung zeigt leicht Erscheinungen zu starken Wachstums der Edelreiser: knollige Anschwellung der Veredlungsstelle, Abwerfen der Früchte oder Blütenansatz ohne Fruchtausbildung und eine in einigen Jahren eintretende Verkümmerung der Krone oder gänzliches Absterben.

Die immergrüne Belaubung scheint kein Hindernis für das Anwachsen auf laubabwerfenden Unterlagen zu sein. Reiser von Prunus Laurocerasus auf Prunus Padus, von Quercus Ilex auf Qu. sessiliflora, von Cedrus Libani auf Larix europaea sollen gedeihen. Über die Entwicklung laubabwerfender Gehölze auf immergrünen liegen keine Angaben vor.

Schließlich sei des Punktes noch gedacht, daß Bastarde durch Veredlung gebildet werden. Es finden sich darüber in der Litteratur ziem-

lich zahlreiche Angaben; indes iſt deren Glaubhaftigkeit vielfach eine ſehr geringe. Die Möglichkeit, daß einzelne, leicht Veränderungen eingehende Merkmale (Blütenfarbe u. dgl.) durch die Veredlung modifiziert, und daß auch geſtaltliche Mittelformen zwiſchen Unterlage und Edelreis ſich herausbilden können, iſt unbedingt zuzugeben.

Neuntes Kapitel.

Die Behandlung des Blattapparates.

§ 38. — Wie wirken die Verletzungen des Laubkörpers?

Nach dem was im vorhergehenden über die Arbeitsleistung der Blätter gesagt worden ist, ergiebt sich ganz von selbst der Nachteil, der durch eine mit Substanzverlust verbundene Beschädigung des Laubkörpers entsteht. Mit der Fortnahme jedes kleinsten Teilchens Blattfläche wird ein Teil der Werkstätten zerstört, welche Baustoffe für den Gesamthaushalt liefern.

Da die Rippen eines jeden Blattes durch den Blattstiel abwärts in das nächst untere Zweigglied führen und der Leptomteil, sowie die Stärkescheide die Leitungswege für das von einer Blattfläche geschaffene, organisierte Baumaterial am Rippenkörper darstellen, so wird sich zunächst eine Verminderung in der Substanzproduktion darin zeigen, daß das unterhalb des Blattstiels befindliche Zweigglied weniger Baustoffe zugeführt erhält. Braucht dieses Zweigglied die ankommenden Baustoffe noch für sich selbst, so wird bei einer Blattbeschädigung die Ausbildung dieses Zweigliedes unvollkommen, also z. B. seine Längsstreckung geringer werden.

Dies ist die Erklärung für den Erfolg des „Pincement Grin," welches in einer Entfernung des Spitzenteils der Blätter an jungen, sich noch streckenden Trieben besteht. Das Wegnehmen der oberen Blatthälfte veranlaßt die geringere Streckung des anstoßenden Internodiums. Bei den Pfirsichen entwickeln sich regelmäßig vorzeitige Triebe d. h. es wachsen die kürzlich in den Blattachseln der diesjährigen Triebe angelegten Augen sofort zu neuen Zweigen aus. Diese vorzeitigen (proleptischen) Triebe haben den Charakter, daß ihr unterstes Internodium (Zweigglied) nicht, wie bei den nach einer langen Ruheperiode sich entwickelnden Zweigen kurz bleibt, sondern oft mehrere Centimeter lang aus der Blattachsel sich hervorschiebt. Um soviel Centimeter sind also auch die untersten Blätter und Augen der vorzeitigen Zweige von der Mutterachse entfernt. Das ist

aber ein Fehler am Formbaum, bei dem es wesentlich darauf ankommt, alle Frucht- und Ersatzaugen möglichst nahe an den Hauptleitzweigen zu haben. Wenn man nun die ersten Blätter der vorzeitigen Triebe entspitzt, so bleiben die dazu gehörigen Internodien kurz und die Augen dieser Zweigglieder bleiben dem Leitzweige genähert.

In neuerer Zeit hat man das Pincement Grin auch bei krautartigen Pflanzen (Dahlien) angewendet und will dadurch kurzgliederige, buschige Pflanzen erhalten haben.

Zu einer teilweisen Laubentfernung sieht sich der Baumzüchter manchmal gezwungen, um eine bessere Ausbildung der Frucht zu erlangen. In lichtarmen Sommern setzt man durch Fortnahme alles bedeckenden Laubes die in ihrer Schwellung vollendeten Früchte möglichst voll dem Sonnenlichte aus.

Eine weiter gehende Entlaubung wird im Herbst bei Obstbäumen auf schwerem, kräftigem, wasserreichem Boden zur Beschleunigung der Holzreife empfehlenswert sein. Wenn auf solchen Böden, namentlich nach Sommerdürre, reiche Herbstfeuchtigkeit sich einstellt, so bleiben die Triebe ohne Abschluß durch eine Endknospe, also in fortdauernder Verlängerung bisweilen bis in den Dezember hinein. Dann sind diese Triebe so weich, so wenig verholzt, daß sie selbst einer mäßigen Kälte nicht zu widerstehen vermögen. Um nun die Holzreife zu beschleunigen, entspitzt und entblättert man teilweis die Triebe. Durch die Entfernung der Spitze werden die immer neues Wasser anziehenden Vegetationsherde beschränkt; durch eine teilweise Fortnahme der Blätter erhält der Zweig eine gesteigerte Lichtwirkung und diese begünstigt den Verholzungsprozeß.

Wir müssen schließlich eine Beachtung auch denjenigen Fällen zu teil werden lassen, in denen der Laubkörper durch Witterungseinflüsse und andere Eingriffe gegen unsern Willen geschädigt wird. Da ist die Größe des Schadens, welcher der Achse durch den Laubverlust zugefügt wird, von der verletzenden Ursache abhängig. Am schlimmsten wirkt der Maikäfer- und Raupenfraß. Derselbe tritt in der Regel ein, wenn die Blätter noch jung sind. Der Baum hat einen großen Teil seiner Reservestoffe vom vorigen Jahre im Frühjahr zur Herstellung des Laubes verbraucht, und fast noch gar nichts zurückerhalten. Nun steht er wieder laublos da und die unversehrt gebliebenen Knospen beanspruchen zu ihrer Entfaltung noch einmal Reservestoffe. Er muß also noch tiefer in die Achse hineingreifen; denn bei dem ersten Austreiben beginnt die Stärkeverzehrung von den Zweigspitzen und andererseits von den Wurzelzweigen

aus nach der Stammbasis hin von beiden Seiten fortschreitend. Es bleibt nach dem ersten Laubausbruch noch ein ziemlich bedeutender Stärkevorrat, namentlich am unteren Stammende. Auf diesen Vorrat greift der zweite Notbelaubungsvorgang zurück Dadurch wird die Achse stark erschöpft. Für das Wachstum des Cambiumringes ist zunächst kein Material übrig und die Folge ist, daß entweder der ganzen Länge nach oder doch wenigstens im unteren Teil nur ein ganz schwacher Jahresring gebildet wird.

Wahrscheinlich weniger schädlich ist, wenn statt der Maikäfer ein Frühjahrsfrost dieselbe Laubmenge vernichtet. Die durch Frost getöteten Blätter bleiben am Baume hängen und da ist es naheliegend, daß ein Teil der im Laubkörper zur Verwendung gelangten, wertvollen Mineralstoffe in die Achse zurückwandert.

Nachgewiesen ist eine solche Rückwanderung bei dem durch übergroße Hitze und Trockenheit abgestorbenen Laube. Der Fall tritt ein, wenn Gehölze in verhältnismäßig flacher Krume über Felsgrund oder Kiesgeröll stehen. Die verdorrten Blätter bleiben auch über Winter hängen.

Die stickstoffhaltigen Bestandteile und die Phosphorsäure allerdings verbleiben in den toten Organen; dagegen aber wandert wenigstens die Stärke und mit ihr das Kali teilweis in den Stamm zurück.

§ 39. — In welchen Fällen dient das Blatt als Vermehrungsorgan?

Wie bei der Besprechung des Achsenkörpers bereits hervorgehoben worden, besitzen einzelne Pflanzenarten die Eigentümlichkeit, besonders leicht Adventivwurzeln und Adventivknospen zu erzeugen. Diese Eigenschaft überträgt sich in vielen Fällen auf die Blätter und veranlaßt deren Benutzung zu Stecklingen. Vorläufig läßt sich eine allgemeine Regel darüber, welche Pflanzen zu Blattstecklingen sich eignen, noch nicht geben und man kann sich zur Zeit nur von der Erfahrung leiten lassen. Dabei berechtigt die gelegentliche Beobachtung, daß ein Blatt neue Wurzeln getrieben, noch nicht zu der Behauptung, die betreffende Pflanze eigne sich nun zur Vermehrung durch Blätter; denn wir haben mancherlei, namentlich hartlaubige Arten, deren Blätter ohne wesentliche Schwierigkeiten Adventivwurzeln bilden, auch monatelang frisch bleiben, aber dennoch keine Adventivknospen entwickeln.

Am meisten werden die Begonien durch Blattstecklinge vermehrt und namentlich sind es die sogenannten Blattbegonien, wie Begonia Rex und

ihre Spielarten, deren Blätter man an den stärkeren Rippen durchschneidet und mit der Unterseite flach auf feuchten Sand legt. Wenn man dafür Sorge trägt, das Blatt bei genügend erhöhter Temperatur in einer mit Feuchtigkeit beladenen Atmosphäre vor dem Vertrocknen zu schützen, so sieht man alsbald die Wunden an den Nerven durch Callus sich schließen. An der Wundstelle entsteht ein knolliges Gewebe, aus welchem zuerst die Wurzeln hervorbrechen; später bilden sich auf diesem Gewebe auch die Sprossen aus. Diese produzieren aber keine eigenen Wurzeln, sondern begnügen sich mit denen des knolligen Überwallungswulstes.

Ganz besonders interessant ist dabei die Beobachtung, daß diese jungen Triebe aus einer oder wenigen Zellen der Epidermis und des daranstoßenden Parenchyms in der Nähe der Wundstelle des durchschnittenen Blattnerven hervorgehen; also selbst das meist inhaltsarme Hautgewebe kann bei dem Vorhandensein von Reservestoffen wieder in Zellvermehrung eintreten. Die neuen Wurzeln werden tiefer im Innern angelegt, nämlich in der unmittelbaren Nähe der Cambiumzone des Gefäßbündels, welches die Blattrippe durchzieht. Bevor aber noch die Wurzeln sich ausbilden, sucht das Blatt sich schon Aufnahmeorgane für die Bodenfeuchtigkeit zu verschaffen, indem sich kurze Zeit nach dem Einschneiden einzelne Oberhautzellen in der Nähe der Wundstellen haarförmig ausstülpen und auf diese Weise die Wurzelhaare nachahmen.

Soweit Untersuchungen vorliegen, ist man zu dem Schluß berechtigt, daß die Bildung junger Pflanzen aus angeschnittenen Blättern auch bei andern Gattungen in ähnlicher Weise wie bei Begonia erfolgt. Einzelne Abweichungen finden natürlich insofern statt, als manchmal an der Einschnittstelle sich gar nicht erst Callus ausbildet (Peperomia), sondern die Wunde sich einfach durch eine Korkschicht abschließt. In andern Fällen treten die jungen Sprosse nicht aus dem Blattgewebe, sondern direkt aus dem Wundcallus hervor (Achimenes). Derartige Verschiedenheiten sind aber belanglos und können an derselben Pflanzenspezies je nach den Ernährungsbedingungen abwechselnd vorkommen.

Unter den Monocotyledonen sind es vorzugsweise die Zwiebelgewächse, deren Blattteile zur Knospenbildung neigen und zur Stecklingsvermehrung Verwendung finden. Die Vermehrung vieler Liliaceen durch Zwiebelschuppen ist bekannt; weniger bekannt aber möchte es sein, daß auch grüne Blätter bei sorgfältiger Pflege zur Erzeugung junger Zwiebeln gebracht werden können. Die jungen Knospen an der Schnittfläche der Zwiebelschuppen und Blattstücke gehen auch durch Zellteilung aus der

Epidermis oder (bei älteren Organen) dem darunterliegenden Gewebe hervor, indem zunächst zarte, an der Peripherie fortwachsende, also den wirklichen Callusscharakter tragende Gewebehöker entstehen. Wenn diese Höker größer geworden, dann erhebt sich an ihnen ein ringförmiger Wall, der sich scheidenartig in die Höhe schiebt und zum ersten Blättchen der jungen Zwiebel wird.

Sehr deutlich kann man die Bildung der kleinen Zwiebeln an den Schuppen von Lilium auratum und tigrinum beobachten; sie entstehen am äußersten Rande der Innenseite, während auf der Außenseite der Schuppe die aus der Bastregion des Gefäßbündels entspringenden Würzelchen hervortreten. Letztere haben nur eine kurze Lebensdauer, da die junge Zwiebelbrut sich alsbald durch selbständige Wurzeln ernährt.

Bei einer größeren Zahl von Pflanzen braucht der Gärtner aber nicht einmal durch Verwundung die Anregung zur Knospenbildung zu geben, da ihre Blätter freiwillig solche entwickeln. Der Vorgang dieser Art von Knospenanlage weicht nicht wesentlich von dem an Blattstecklingen ab. Beispiele freiwilliger Knospenbildung finden sich schon bei Moosen und Farnkräutern, ferner bei Lilien und andern Monocotyledonen; am zahlreichsten treten sie bei Dicotyledonen auf und zwar meist in den Achseln der Nerven, wo sie um so stärker entwickelt sind, je stärker das nächstliegende Gefäßbündel ist.

Sehr bekannt ist die Entstehung freiwilliger Knospen bei Bryophyllum calycinum; die Einschnitte zwischen zwei Kerbzähnen zeigen ein meristematisches Gewebe, das alsbald Knospen entwickelt.

Da solche Knospen nach sorgfältiger Ablösung sich zur jungen, selbständigen Pflanze heranziehen lassen, hat die Kenntnis der Pflanzen, bei denen blattgeborene Knospen beobachtet worden sind, ein Interesse für den Gärtner. Wir lenken deshalb die Aufmerksamkeit auf folgende Gattungen und Arten: Hyacinthus Pauzolsii, Fritillaria imperialis, Atherurus ternatus, Ornithogalum thyrsoides, Drimia, Malaxis, Cardamine, Nasturtium, Tellima, Siegesbeckia, Utricularia, Calanchoe, Begonia quadricolor und phyllomaniaca, Nymphaea micrantha (nach Caspary) und deren Bastarde. Sollte es sich wünschenswert erweisen, von solchen und ähnlichen Pflanzen blattbürtige Knospen zur Vermehrung zu benutzen, dann ist anzuraten, die Blütenknospenentwicklung der Exemplare zu verhindern und einen feuchteren und schattigeren Standort als bisher auszuwählen. Es wird dadurch die vegetative Thätigkeit erhöht und die Zahl der Blattknospen vermehrt.

Zehntes Kapitel.

Die Theorie des Gießens.

§ 40. — Warum ist dem Begießen der Pflanzen eine ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken?

Nachdem wir den Bau und die Arbeitsleistung des Stammes und der Blätter kennen gelernt, haben wir der Bedingungen zu gedenken, durch welche eine normale Entwicklung dieser Organe unterhalten wird. Des Verpflanzens ist bereits gedacht worden und unter der Voraussetzung, daß der Wurzelkörper ein reichliches Nährstoffquantum im Boden vorfindet, gehen wir zu der Frage über, wie wird die Wasserzufuhr zur Pflanze geregelt werden müssen, damit letztere bei voller Gesundheit erhalten bleibt?

Es ist eine Thatsache, daß der Gärtner um so mehr Sorgfalt auf das Gießen verwendet, je älter er wird; denn es mehren sich von Jahr zu Jahr die Erfahrungen, daß unvorsichtiges Begießen die Ursache ungemein zahlreicher Erkrankungen ist.

Die Schwierigkeit des Gießens liegt darin, daß die Pflanzen je nach Art und Alter, nach Kräftigkeit und augenblicklichem Entwicklungszustand, nach Standort und Jahreszeit ganz verschiedene Mengen von Wasser verbrauchen und demgemäß auch zugeführt erhalten müssen. Das Wasserquantum, welches für ein Exemplar sich heute als genügend herausstellt, kann nach 4 Wochen sich schon als viel zu groß erweisen und dann schädlich wirken.

Vor allen Dingen haben wir uns zu vergegenwärtigen, daß die Wasserabgabe der Pflanzen durch die Blätter, also ihre Verdunstungsthätigkeit, kein mechanischer Vorgang ist, sondern eine physiologische, von innern Lebensvorgängen geregelte Erscheinung darstellt, die mit dem Schwitzen (Transpiration) des tierischen Körpers verglichen werden muß.

Es ist wohl richtig, daß die Umstände, welche die Verdunstung eines toten Körpers erhöhen, im allgemeinen auch die Transpiration der Pflanze

beſchleunigen; aber es iſt dies keineswegs immer der Fall. Daß die Verdunſtung der lebenden Pflanzen meiſt parallel mit der Waſſerabgabe lebloſer Subſtanzen geht, erklärt ſich daraus, daß die Faktoren, welche die Verdampfung des Waſſers aus letzteren erhöhen (alſo namentlich geſteigerte Wärme) auch die Lebensthätigkeit des pflanzlichen Organismus ſteigern. *Mit einer Steigerung der geſamten Lebensthätigkeit wächſt aber auch die Tranſpiration.* Indes ſind auch Fälle bekannt, in denen die Pflanzen unter Verhältniſſen ihre Waſſerabgabe vermindern, unter denen man bei toten Körpern hätte auf eine Erhöhung rechnen können. So gehen erkrankende Exemplare in ihrer Verdunſtung rückwärts, trotzdem die Temperatur erhöht wird. Umgekehrt ſteigert ſich die Tranſpiration ſelbſt bei geringem Rückgange der Temperatur, wenn man die Pflanze aus einer ſtarkkonzentrierten Nährſtofflöſung in eine ſchwachkonzentrierte bringt. Man bemerkt dann gleichſam eine größere Anſtrengung der Wurzeln, aus der ſchwachen Nährlöſung ſo viel Mineralbeſtandteile herbeizuſchaffen, als die oberirdiſche Achſe bisher aus der kräftigeren Löſung bezogen hat. Das iſt nur dadurch möglich, daß in derſelben Zeiteinheit eine größere Menge der nährſtoffärmeren Löſung aufgenommen wird; demgemäß muß aber auch mehr Waſſer abgegeben werden.

Eine ſolche geringe Verdunſtungsthätigkeit erkrankter Pflanzen iſt beſonders dann in Erinnerung zu bringen, wenn man *wurzelkranke Topfpflanzen* umgepflanzt und auf ein warmes Beet gebracht hat. Man meint dann, daß die erhöhte Boden- und Luftwärme auch die Pflanze zu ſtark vermehrtem Waſſerverbrauch anregen dürfte. Infolgedeſſen hält man den Topf mit den kranken Wurzeln ununterbrochen naß und damit wird die Wurzelfäulnis, welche man gerade bekämpfen wollte, einfach fortgeſetzt.

Für die Art des Begießens maßgebend ſind:

1. *Die Art der Pflanze;*

2. *Die Intenſität der Lebensvorgänge, die ſich zu einer beſtimmten Zeit abſpielen.*

Zur Kenntnis der Waſſeranſprüche einer beſtimmten Pflanzenſpezies iſt es nötig, die Standortsverhältniſſe derſelben im Heimatlande kennen zu lernen. Soweit praktiſche Erfahrungen vorläufig zu allgemeineren Schlüſſen berechtigen, kann man annehmen, daß felſige Standorte ohne Baumſchutz, Gegenden mit langen Trockenperioden u. dgl. darauf hindeuten, daß die Pflanzen in der Kultur mit wenig Bewäſſerung zufrieden ſein werden und auch nur vorübergehend ein ſtarkes Begießen ertragen.

In denjenigen Fällen, in denen uns die klimatischen Verhältnisse des Heimatlandes unbekannt sind, wird einigermaßen das äußere Ansehen der Pflanze als Richtschnur dienen können. Pflanzen mit schmalen, derben, namentlich zenithwärts gerichteten Blättern lieben in der Regel nicht viel Wasser; ebenso beanspruchen Pflanzen mit lederartigen, breiten Blattflächen weniger Wurzel- als Luftfeuchtigkeit. Fleischige Gewächse mit derber Oberhaut (blattlose Euphorbien, fleischige Kompositen, Aloe und Agave-Arten), dünnlaubige Arten mit stark wolliger Behaarung ꝛc. sind weitere Beispiele von Pflanzen mit durchschnittlich geringen Wasseransprüchen.

Ferner kann auch die Beschaffenheit des Wurzelapparates dann und wann Anhaltspunkte gewähren. Sehr fleischige Wurzeln bei krautartigen Blättern und mindersleischige, die schlank wachsen und den Grund des Topfes schnell aufsuchen, vertragen, ja verlangen sogar meist viel Wasser; dagegen zeigen feine, meist kurzgliedrig büschelige Wurzeln, deren Verästelungen gern aus der Topfoberfläche herauskommen, vielfach ein geringes Wasserbedürfnis, dafür aber ein verstärktes Luftbedürfnis an.

Auf dieses Verlangen der Wurzeln nach Durchlüftung ist bei dem Gießen ebenso Rücksicht zu nehmen, als auf die Wassergabe selbst.

Wie wir früher bereits angegeben, bedarf der Wurzelkörper so gut wie die oberirdische Achse einer kräftigen Durchlüftung. Ist dies für längere Zeit nicht der Fall, so kann sich in dem Parenchym der Wurzelrinde Alkohol bilden und später entstehen Fuselöle und Säuren (Essigsäure, Buttersäure u. s. w.), die schließlich als Gifte wirken und den betroffenen Pflanzenteil zum Absterben bringen. Von den derartig abgestorbenen Teilen werden die Zersetzungsprodukte in noch gesunde Organe übergeleitet und die unmittelbare Folge davon ist der Tod der aufsaugenden Glieder.

Die häufigste Ursache dieser Alkoholbildung und schließlichen Fäulnis der Wurzeln ist ein *dauernd* naßgehaltener Wurzelballen. Die unbegründete Angst vor Störungen, die durch Wassermangel der Wurzeln entstehen könnten, veranlaßt manchen Gärtner, den Topf schon zu begießen, sobald dessen Oberfläche abzutrocknen beginnt; es wird dabei nicht berücksichtigt, daß im Ballen noch sehr viel Wasser die Bodenkapillaren ausfüllt. Die Folge davon ist, daß die tieferen Schichten des Topfes stets mit Feuchtigkeit gesättigt bleiben. Damit ist der Luft der Weg verschlossen, zu den Wurzeln vorzudringen und diese ersticken allmählich. Wenn der Erstickungstod der Pflanze nicht sehr langsam eintreten würde und nicht ein langer Starrezustand des Scheintodes vorauginge, aus dem die Organe bei end-

licher Sauerstoffzufuhr wieder zu regelmäßigem Leben erwachten, würden wir noch weit mehr Topfgewächse sterben sehen, als in der That durch gedankenloses Gießen zu Grunde gehen.

Man beobachte nur die großen Schwankungen in der Wasserzufuhr, welche die Gewächse, die nur auf den Regen angewiesen sind, schadlos ertragen, um einzusehen, daß gerade in einer ängstlichen Regelmäßigkeit des Gießens, die jeden geringen Wasserverlust zu ersetzen bestrebt ist, eine große Gefahr liegt. Es ist bei den Pflanzen, wie bei den Menschen gleich günstig, wenn ein kurzer, vorübergehender Hunger bezw. Durstzustand eintritt, und es schadet nichts, wenn man mit dem Gießen so lange wartet, bis der Topf *hohl klingt*. Wenn aber dann Wasser gegeben wird, so gieße man auch derart, daß das Wasser zum Abzugsloch des Topfes herausfließt. Das vom Ungeübten beliebte, oftmalige geringere Befeuchten der Topfoberfläche hat (namentlich bei Heideerdepflanzen) den Nachteil, daß die tieferen Schichten des Wurzelballens austrocknen, während auf der Oberfläche sich Moos um die Stammbasis ansiedelt. Diese Regel bezieht sich namentlich auf die Gewächse, welche derbe Blätter und geringes Wasserbedürfnis haben. Etwas anderes ist es bei krautartigen, in schnellem Triebe befindlichen Pflanzen; hier ist jede Störung in der Wasserzufuhr von Nachteil und bei dem starken Wasserverbrauch solcher schnell produzierenden Exemplare ist die Gefahr auch ausgeschlossen, daß der Boden für längere Zeit durch die Feuchtigkeit von der Durchlüftung ausgeschlossen würde.

Aber auch wenn wir die Heimatsverhältnisse und das Wasserbedürfnis einer Spezies kennen, werden wir noch nicht imstande sein, rationell zu gießen, sobald wir nicht wissen und berücksichtigen, daß *jedes Individuum* innerhalb der allgemeinen Ansprüche der Spezies seine *besonderen Ansprüche* an die Wasserzufuhr stellt. Ja, dasselbe Individuum mit derselben Blattmenge kann einmal viel Wasser und später viel weniger verlangen je nach der Intensität der Lebensvorgänge, die augenblicklich sich abspielen.

Die Verschiedenartigkeit des Bedarfs wird uns verständlicher, wenn wir bedenken, daß das Wasser nicht nur selbst als Nährstoff wirkt, dessen Elemente im Pflanzenleibe zersetzt und verarbeitet werden, sondern daß es namentlich das Transportmittel für die im Boden vorhandenen Mineralbestandteile darstellt. Diese werden zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Mengen verbraucht und es muß deshalb bald viel, bald weniger von der Lösung aufgenommen werden.

Aus den experimentell durchgeführten Transpirationsversuchen geht her-

vor, daß jedes Individuum zur Zeit der Neubildung von Stengel- und Blattorganen die meisten Ansprüche an den Boden stellt und die meisten Mineralbestandteile aufnimmt. Also die Zeit der Ausbildung des Triebes ist die anspruchsvollste Periode, in welcher selbst die Trockenheit liebenden Gewächse nicht nur große Wassergaben vertragen, sondern sogar verlangen. Sobald der Trieb aber fertig gestellt ist und der Ansatz von Blütenknospen erwartet wird, muß man mit dem Gießen nachlassen.

Der Blütenansatz wird somit am besten durch Erhaltung einer Ruheperiode eingeleitet und diese durch sparsameres Begießen begünstigt.

Dies ist auch die Begründung der hier und da bei Kakteenliebhabern angewandten Methode, die Pflanzen nach dem Triebe bis zum Schrumpfen trocken zu halten; aus demselben Grunde läßt man bei den Ananas mit dem Gießen nach zur Zeit des Fruchtansatzes u. s. w Wenn eine Ruheperiode in solchen Fällen nicht eingehalten wird, so bleibt es bei der Laubentwicklung, indem die Zweigspitze in ununterbrochenem Wachstum als fortgesetztes Anziehungscentrum für den Strom der Bodenlösung wirkt.

Dieser Zustand ist für den Züchter unerwünscht, aber für die Pflanze selbst nicht schädigend; in anderen Fällen aber kann ein unzeitgemäßes Begießen geradezu Krankheiten hervorrufen. Dies tritt namentlich dann ein, wenn man die große Ruheperiode am Schlusse der Vegetationszeit nicht respektiert.

Die Produktion einer Pflanze innerhalb einer Vegetationsperiode (gleichviel ob dieselbe in unsern Sommer, oder, wie bei Tropenpflanzen, in unsern Herbst und Winter fällt) vollzieht sich meist in zwei Abschnitten. Mit dem Erwachen der Lebensthätigkeit beginnt die erste, vegetative Periode, in welcher der Laubtrieb fertig gestellt und zur Bereitung von Vorratsstoffen innerhalb der ersten heißen Monate benutzt wird. Bei einjährigen Gewächsen gelangen die fertig organisierten Baustoffe, welche die Blätter gebildet haben, zur alsbaldigen Verwertung in der sich unmittelbar anschließenden Blütenperiode, wobei die Blätter ausgesogen werden und (von der Stammbasis beginnend) vergilben und verwelken. Bei mehrjährigen Gewächsen werden die Stoffe, welche die Blätter des ersten Jahrestriebes fertig gekocht haben, in einer zweiten Periode teils zum Aufbau eines neuen Triebes (Johannistrieb, Augusttrieb), teils zur Anlage von Blütenknospen, die erst im nächsten Frühjahr zur Entwicklung kommen, verbraucht. Bei unsern Bäumen wird im Herbst ein großer Teil der wertvollen Bau-

ſtoffe mit ihren Mineralbeſtandteilen aus den Blättern in die Achſe zurückgeleitet und ſammelt ſich als Reſervenahrung von der Stammbaſis und Wurzelkrone anfangend immer mehr und mehr in den peripheriſchen Organen, bis zuletzt die jüngſten Zweige der Krone und des Wurzelnetzes ſich füllen. Den Füllungsprozeß beendet der Eintritt der mit Blattabfall verbundenen Ruheperiode. Entſprechend den Temperaturverhältniſſen iſt die Ruhe im oberirdiſchen Achſenteil ſchon vollſtändig eingetreten, wenn die Wurzel in den wärmeren Bodenſchichten noch an der Ausbildung ihres Verdickungsringes thätig iſt. Dieſe Thätigkeit hört manchmal erſt im Januar auf und dann erſt kann man davon ſprechen, daß das Gewächs in gänzlichem Ruhezuſtande ſich befindet.

Solche Ruheperiode findet ſich bei allen Pflanzen, die älter als ein Jahr werden. Entweder iſt es die Kälte, welche die Lebensprozeſſe in den Starrezuſtand überführt, oder (wie in Tropengegenden) die Trockenheit der heißen Jahreszeit. Die durch Trockenheit hervorgerufene Ruhe iſt eine ſo umfaſſende, daß ſelbſt immergrüne, tropiſche, phanerogame Paraſiten auf Bäumen, die ihr Laub durch Trockenheit werfen, ebenfalls ihre Blätter verlieren. Ein hervorragendes Beiſpiel dieſer Art iſt Loranthus longiflorus auf Sterculia, Spondias, Terminalia und Erythrina.

Ungeſtraft kann ſolche Ruhezeit ſelten unterbrochen werden; wohl aber kann man ſie durch künſtliche Mittel abkürzen. Auch die Natur hat für dieſelbe Spezies verſchieden große Zeiträume der Ruhe, die von der Entwicklung des Gewächſes in der vorhergegangenen Vegetationsperiode abhängen. Am deutlichſten ſehen wir dies bei der Treiberei der Blumenzwiebeln, die beſonders früh und gleichmäßig ſich treiben laſſen, wenn der vorhergegangene Mai heiß und trocken war, ſo daß die Zwiebeln rechtzeitig und vollkommen abreifen konnten.

In dieſer Zeit des latenten Lebens brauchen die Pflanzen außerordentlich wenig und ſelbſt die Gewächſe mit wintergrünen Blättern in unſern Gewächshäuſern ſind in ihren Bedürfniſſen an Waſſer und Nährſtoffen auf verhältnismäßig winzige Mengen beſchränkt.

Wie oft aber wird gegen dieſe Erfahrung geſündigt? In den Kalthäuſern, in denen Erica, Epacris, Rhododendron, Azalea, Acacia, Melaleuca und andere Neuholländer und Kappflanzen ſtehen, ſieht man an trüben Wintertagen den Gärtner mit der Kanne laufen, um zu gießen, wenn nur ein Spur von Trockenheit ſich auf der Bodenoberfläche findet.

Die Folgen bleiben nicht lange aus: Ericaceen werden ſtammfaul, Leguminoſen und Myrtaceen werfen die Blätter; andere Pflanzen werfen die Blütenknoſpen u. ſ. w. Wurzelfäulnis macht ſich überall geltend.

Auch in anderer Weiſe rächt ſich die Nichtbeachtung der Ruheperiode. Viele Züchter glauben, daß ſie durch Erhöhung der Temperatur und Feuchtigkeit beliebig ſchnell ein ruhendes Organ erwecken können und ſündigen in dieſer Beziehung namentlich bei Knollengewächſen. Werden die Knollen von Caladien, Cyclamen, Begonien, Gloxinien u. a. zum Antreiben auf einen recht warmen Kaſten gebracht, womöglich in Erde eingebettet und andauernd ſtark feucht gehalten, ſo tritt nicht ein Austreiben, ſondern Faulen ein. Meiſt iſt es der mäuſegraue Traubenſchimmel (Botrytis cana), der die Zerſtörung übernimmt. In einzelnen Fällen läßt ſich durch Ausſchneiden der erkrankten Stellen, dickes Beſtreuen der Wundflächen mit Holzkohle, Auflegen der Knollen auf die Bodenoberfläche, vermehrte Lichtzufuhr und Trockenheit Hilfe bringen.

Man bedenke ſtets, daß, mit wenigen Ausnahmen, die Löſungsvorgänge der in Form von Stärke u. dergl. in den ruhenden Organen geſpeicherten Reſerveſtoffe ſich nicht überſtürzen laſſen; ſie müſſen allmählich eingeleitet werden und vollziehen ſich bei den Knollen und Zwiebeln unter anfänglich nur geringer Waſſerzufuhr. Man erkennt dies auch daraus, daß derartige, fleiſchige Organe, wenn ihre regelrechte Entwicklungszeit gekommen, zu treiben beginnen, wenn ſie ſich gar nicht in der Erde befinden und flüſſiges Waſſer nicht zur Verfügung haben.

Die Erweckung eines ruhenden Organs zu neuer vegetativer Thätigkeit muß allmählich geſchehen und die Waſſergabe muß während dieſer erſten Entwicklungszeit noch ſpärlich ſein.

Schließlich iſt noch einiger Symptome zu gedenken, welche durch ihr Auftreten dem Gärtner eine Mahnung ſein ſollen, mit dem Begießen vorſichtig zu ſein.

Dieſelben treten namentlich dann auf, wenn zu der Bodennäſſe ſich hochgradige Luftfeuchtigkeit geſellt. So nützlich und notwendig eine feuchte Luft den Kulturen zur Zeit ſtarker Aſſimilationsthätigkeit iſt, ſo ſchädigend kann dieſelbe wirken, wenn ſie im Übermaß während der Ruheperiode auftritt.

Der große Feuchtigkeitsgehalt der Luft bei dem Vorhandenſein von nur geringen Wärmegraden begünſtigt die Fäulnispilze in ihrem Kampfe mit der Kulturpflanze. Die Thätigkeit der letzteren wird durch die feuchte

Luft noch mehr herabgedrückt, so daß Assimilation und Transpiration höchst gering sind; die Pilzsporen dagegen sind mit diesen Temperaturen noch zufrieden und werden in ihrer Entwicklung durch die große Feuchtigkeit gefördert.

Ist bei der spärlichen Beleuchtung und Durchlüftung der Häuser im Herbst und Winter die Temperatur so erhöht, daß die Pflanzen bei anhaltender Feuchtigkeit zu Wachstumserscheinungen angeregt werden, dann erhalten dieselben eine falsche Richtung. Die einzelnen Prozesse im Blattkörper machen nämlich verschiedene Ansprüche an die einzelnen Wachstumsfaktoren, namentlich an Licht und Wärme. So vollzieht sich z. B. der Streckungsprozeß der Zellen bei geringerer Beleuchtung als der Assimilationsvorgang, der neues Baumaterial schafft. Die Bildung von Zucker findet noch bei Temperaturen statt, bei denen die Verbrennung desselben im Atmungsprozeß schon stockt; daher häuft sich der Zucker bei niederen Wärmegraden in Blättern, Kartoffelknollen und andern Organen an.

Der Fall, daß in den Glashäusern die Temperatur hoch genug ist, um den Zellstreckungsprozeß zu gestatten, daß aber die Beleuchtung zu gering ist, um eine nennenswerte Assimilationsthätigkeit zuzulassen, ist gar nicht selten. Wenn nun durch das reichliche Begießen der Töpfe bei geringer Verdunstung der Blätter eine hochgradige Wasseranhäufung in der Pflanze Platz greift, macht sich dieselbe durch krankhafte Zellstreckungen kenntlich. Einzelne Zellgruppen des Blattfleisches beginnen, sich auszudehnen, ja bisweilen schlauchförmig auszuwachsen. Da sie aber neues Material zur Zellwandverlängerung von außen nicht zugeführt erhalten, so müssen sie solches aus ihrem eigenen Inhalt entnehmen. Infolgedessen sehen wir, daß die Chlorophyllkörner aufgelöst werden und oft nur gelbe Körnchen als Rückstand verbleiben. Dadurch erscheinen dem bloßen Auge derartig verarmte Blattstellen entweder schon bei auffallendem Lichte oder doch, wenn man das Blatt gegen das Licht hält, mehr oder weniger gelb.

Die Erscheinung ist viel häufiger, als man bisher gedacht hat und ist deshalb als ein beachtenswertes Zeichen für Wasserüberschuß zu betrachten.

In andern Fällen ist die Gelbfärbung weniger intensiv, dafür aber die Streckung der Zellen so stark, daß die Oberhaut an den erkrankten Stellen hügelig aufgetrieben wird und das Blatt sich auf der Unterseite oder auf beiden Seiten mit kleinen, warzigen oder drüsigen Erhabenheiten bedeckt.

Ein Auftreten gelber Punkte infolge der beschriebenen Prozesse sehen wir beispielsweise bei Pandanus und Dracaenen; eine Bildung drüsiger

Auftreibungen findet bei Ficus elastica, bei Aralia, Hedera, Solanum und andern Gewächsen statt.

Das Erscheinen gelber Punkte mit verwaschenen Rändern oder kleiner, drüsiger Auftreibungen an den Blättern zur Zeit der Vegetationsruhe der Pflanzen kann uns somit als Anzeichen gelten, daß die Pflanzen wahrscheinlich an Wasserüberschuß leiden und wir mit dem Gießen nachlassen müssen.

Elftes Kapitel.

Die Blüte.*)

§ 41. — Aus welchen Teilen besteht die Blüte?

Bei einer vollkommenen Blüte haben wir zwei Gruppen von Organen zu unterscheiden. Der wichtigste Teil wird durch die eigentlichen Geschlechtsorgane, Stempel und Staubgefäße, dargestellt; der minder wichtige, häufig unvollständig ausgebildete, manchmal fehlende Apparat besteht aus den Deckorganen (Blumenblättern, Kelch u. s. w.) oder der sog. Blütenhülle (Perianthium). Einfach gebaute Blüten können bloß aus einem einzigen Geschlechtsorgane bestehen, wie beispielsweise die weiblichen Blumen von Taxus; in der Regel sind aber mehrere derartige Organe in einer Blüte vereinigt und oftmals in verschiedenen, untereinanderstehenden Kreisen angeordnet und man hat dann für die Gesamtheit dieser Organe besondere Ausdrücke eingeführt. So faßt man alle männlichen Geschlechtsapparate als Androeceum zusammen, während die Gesamtheit der weiblichen durch Gynaeceum ausgedrückt wird. Wenn die männlichen und weiblichen Organe von derselben Blütendecke eingeschlossen werden, so spricht man von Zwitterblüten (hermaphroditische) im Gegensatz zu den eingeschlechtigen (diclinen) Blumen, deren Decke entweder nur Staubgefäße oder nur Stempel umschließt. Die Trennung der Geschlechter erstreckt sich entweder

*) Am Eingang dieses Abschnittes machen wir wiederum darauf aufmerksam, daß der Leser nicht eine Beschreibung der bei den einzelnen Klassen des Pflanzenreichs so vielgestaltig auftretenden Apparate hier suchen darf; die Aufgabe des Buches erfordert nur die Besprechung der Arbeitsleistung des Apparates im allgemeinen und deshalb führen wir dieselbe vor an solchen Beispielen, welche Vertreter der häufigsten Vorkommnisse sind. Die spezielle Beschreibung der den einzelnen Klassen, Familien und Gattungen eigentümlichen Merkmale liefert ein Handbuch der Botanik, aus welchem wir hier nur diejenigen anatomischen und physiologischen Forschungsergebnisse herauszunehmen haben, die nötig sind, um eine wissenschaftliche Begründung, eine rationelle Methode des Gartenbaues anzubahnen.

nur so weit, daß die einzelnen Geschlechtsorgane zwar in getrennten Blüten, diese aber wenigstens auf derselben Pflanze auftreten (monöcische oder einhäusige Gewächse) oder aber die Sonderung ist derartig weit durchgeführt, daß jedes Geschlecht auf einem andern Individuum zu finden ist (diöcische Pflanzen).

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle sind wir berechtigt, die Geschlechtsorgane als umgewandelte, zur Erfüllung bestimmter Zwecke ausgebildete Blattorgane anzusprechen und wir bezeichnen daher die Staubgefäße (stamina) auch als Staubblätter, die den Stempel zusammensetzenden Teile als Fruchtblätter (Carpelle oder Carpiden). Am Staubgefäß sind die wichtigsten Teile die Pollensäcke, die meist zu zweien parallel auf jeder Seite eines Mittelbandes (Connectiv) im Staubbeutelgewebe eingebettet liegen. Als umgewandeltes (metamorphosiertes) Blattgebilde betrachtet, stellt sich das Staubgefäß als ein Blatt dar, das einen meist sehr langen, fadenförmigen Stiel, den Staubfaden (Filament) und eine fleischige, walzenförmige Blattfläche besitzt, in welche hinein sich der Blattstiel als Mittelrippe oder Mittelband (Connectiv) fortsetzt, bisweilen sogar noch als feines Spitzchen darüber hinausragt. Zu beiden Seiten dieser Mittelrippe liegen in dem Blattfleisch eingesenkt die Pollensäcke, die je zwei zusammen eine Staubbeutelhälfte (Antherenhälfte) bilden. Jede Seite der Blattfläche eines Staubblattes stellt also einen halben Staubbeutel dar, und das ganze Staubgefäß wird dann als vierfächerig bezeichnet. Das Gewebe in der Mittellinie jedes Pollensackes, also eines jeden Staubbeutelfaches, geht nun eine mehrfache Teilung ein und die entstandenen Tochter- und Enkelzellen trennen sich von einander, erhalten eine starke, oft sehr zierlich verdickte Außenhaut und stellen schließlich den eigentlichen Blütenstaub oder Pollen dar; derselbe wird meistenteils dadurch frei, daß sich die beiden Antherenfächer, welche je auf einer Seite des Mittelbandes liegen, durch eine gemeinsame Spalte öffnen. In einzelnen Fällen sehen wir die Antherenfächer auch durch Löcher ihren Blütenstaub ausstreuen.

Derselbe Bautypus ist also im Staubblatt noch wie im grünen Laubblatt vorhanden und es kann uns daher gar nicht mehr so befremdlich erscheinen, wenn unter Umständen, in denen sich eine übermäßige Neigung zur Bildung grüner Blätter kenntlich macht, diese Staubgefäße sich blattartig entwickeln. Die Blatthälften werden dann nicht mehr cylindrisch fleischig, sondern flach und dünn und gefärbt. Mit der Fleischigkeit verschwindet die Fähigkeit der Erzeugung von Blütenstaub und das Staubblatt wird zum wirklichen Blumenblatt. Auf dieser Art von Rückbildung (rück-

schreitende Metamorphose) beruht zum großen Teil der Vorgang der Füllung der Blumen.

Das weibliche Geschlechtsorgan, der Stempel, den wir als ein einziges centrales Gebilde der Blüte in sehr vollkommener Form beispielsweise bei der Tulpe und Kirsche antreffen, besteht aus dem bauchig angeschwollenen Basalteil, dem Fruchtknoten und dessen röhrenartiger Fortsetzung, dem Griffel, welcher sich an der Spitze lappig oder kopfförmig erweitert und die Narbe bildet. Als Blattgebilde betrachtet, können wir uns denselben entstanden denken dadurch, daß ein ungestieltes, am untersten Teile sehr breites, an der Spitze lang ausgezogenes Blatt mit seinen Rändern der Länge nach vernäht worden ist. Von den genannten drei Teilen eines zum Stempel metamorphosierten Blattes ist der unterste Teil, der Fruchtknoten, der wichtigste, da er die Samenanlagen (Eier, Samenknospen, Gemmula) birgt. Die bei manchen Pflanzen zu einem verhältnismäßig mächtigen Gebilde (großer Federbusch bei Gräsern, strahlige Scheibe bei Mohn ꝛc.) entwickelte Narbe kann als Fangapparat für den Pollen und der Griffel als Leitungsapparat für den aus dem Pollenkorn hervorgehenden Befruchtungsschlauch (Pollenschlauch) angesehen werden. In vielen Fällen, wie z. B. bei dem Mohn, ist ein Griffel gar nicht vorhanden und die Narbe sitzt direkt auf dem Fruchtknoten.

Die Geschlechtsorgane finden sich in der Mehrzahl der Blüten umgeben von den Blattkreisen der Blütenhülle, deren Blätter entweder in mehreren übereinander gestellten Quirlen (Wirteln) oder in Spiralen angeordnet sind.

In seiner vollkommensten Ausbildung zeigt der Hüllapparat sich in zwei durch Gestalt und Farbe scharf voneinander abweichende Organkreise gegliedert, von denen der innere, die Blumenkrone (corolla) aus zartwandigen, mit farblosen oder leuchtend gefärbten Säften erfüllten Zellen gebildet ist. Oft sind die Oberhautzellen dieser Blattkreise papillenartig verlängert und bedingen dann vielfach die sammetartige Oberfläche der Blumenblätter. Der oder die äußersten Blattkreise (Kelch, calyx) sind vorwiegend grün, krautartig und in ihrer ganzen Beschaffenheit, bisweilen sogar auch in der Gestalt den Laubblättern ähnlich.

Wenn wir eine Blüte der Länge nach durchschneiden, um die Anheftung der einzelnen Organkreise zu erkennen, so sehen wir, daß dieselben nur scheinbar einem Punkte entspringen. Thatsächlich finden sie sich durch allerdings sehr kurze, aber wohl wahrnehmbare Zwischenglieder der Achse von einander getrennt.

Somit stellt sich uns jede Blüte als ein kleiner Zweig mit mehreren Blattwirteln dar, dessen einzelne Blattkreise für bestimmte Arbeitsleistungen in ihrem Bau modifiziert sind, aber unter gewissen Ernährungsbedingungen die Neigung erhalten können, die Natur des grünen Laubblattes anzunehmen.

Letzterwähnten Rückgang der Blüte zu einem Laubzweige bezeichnet man als Vergrünung.

Von diesem Schema einer vollständigen, hochentwickelten Blume weichen nun die thatsächlich bei den einzelnen Gattungen auftretenden Formen in der mannigfachsten Weise ab. Eines der häufigsten Vorkommnisse ist das Verschwinden des Unterschiedes in Form und Färbung zwischen Kelch und Blumenkrone. Wir sehen die Blattkreise gleichmäßig entweder kronenartig gefärbt (Tulpe und andere Liliengewächse) oder auch kelchartig grün ausgebildet (Juncaceen, Cupuliferen). In solchen Fällen wird die Blütenhülle als Perigon bezeichnet. Manchmal sind Kelch- und Blumenkrone zwar in verschiedener Ausbildung vorhanden, aber die spiralig gestellten Blätter dieser Blütendecken gehen unmerklich in einander über, wie wir dies bei der Wasserrose (Nymphaea), der Königin der Nacht (Cereus), dem Gewürzstrauch (Calycanthus) u. a. sehen.

Bisweilen erleiden die Blätter der Blumenkrone eine Verkümmerung oder noch eine ganz spezielle Umbildung zu Lockorganen für Insekten, nämlich zu Honig abscheidenden Gebilden oder Nectarien und dann übernimmt der Kelch die Rolle der Blumenkrone und wird corolliniſch gefärbt, wie bei dem Ritterſporn, (Delphinium) und dem Eisenhut (Aconitum).

Manchmal sehen wir, daß das für die Blütenentwicklung bestimmte Nährmaterial bei den verschiedenen Geschlechtern einer Art eine verschiedene Verwendung findet. Es zeigen die weiblichen Blumen, welche viel stickstoffhaltiges Baumaterial zur Anlage und Ausbildung der Samenknospen beanspruchen, die Blütenhülle nur in Gestalt eines kleinen, zarten, hautartigen Becherchens am Grunde des Fruchtknotens; dagegen bleibt bei der männlichen Blume mehr Nährmaterial für die Ausbildung der Blütendecke und diese entwickelt sich zu einem verhältnismäßig großen, kronenartig geteilten Organe, wie wir dies beispielsweise am Hanf wahrnehmen können.

Umgekehrt sehen wir bisweilen das Bedürfnis nach Ausbildung von Blumenblattorganen über das durchschnittliche Maß hinaus bei allen Blüten einer Art gesteigert. Es sprossen dann an den Stellen, wo ein

Blumen- oder Perigonblatt sich stielartig verschmälert, auf der Innenseite corollar gebaute und gefärbte Anhangsgebilde hervor, welche innerhalb der Krone noch eine Nebenkrone (paracorolla) bilden. Der zarte, rotumrandete weiße Innenkranz bei der Narzisse, die gelbe becherglasartige Röhre bei dem Märzbecher (Narzissus Pseudonarcissus) sind Beispiele, welche jedem Gärtner bekannt sind.

Alle die tausendfachen Abweichungen von unserem Schema irritieren nicht die Grunderfahrung, die für den Gärtner festzuhalten bleibt, daß die Blüte ein Zweig ist, dessen einzelne Blattkreise in einander übergehen können. Aufgabe des Gärtners ist es, die Natur dieser einzelnen Blattkreise für gewisse Kulturzwecke abzuändern.

§ 42. — Wie entsteht die normale und die gefüllte Blüte?

Wenn wir, wie bisher, immer die vollkommenste Form der Blüte, nämlich die mit mehrblättrigem Kelch und ebensolcher Blumenkrone ins Auge fassen, so finden wir, daß die Anlage des Zweiggebildes, das wir Blume nennen, mit der Entstehung eines mehr oder weniger schlanken, zarten, meristematischen Gewebekegels beginnt, an dessen Grunde sich eine Anzahl kleiner Höcker hervorwölben. Der zuerst bemerkbare Kegel ist die Blütenachse; die sich aus der jüngsten Rindenzone (Periblem) des Kegels zunächst emporhebenden Hügel sind die Kelchblätter. Diese ersten Blattanlagen wachsen auf der Außenseite stärker, als auf der Innenfläche und erhalten daher eine muschelartige Gestalt, die sie befähigt, sich schützend über den jungen Achsenkegel hinwegzuwölben. Unter diesem Schutz treten nun etwas höher an der Blütenachse wiederum zarte Zellhöcker in der Zahl und Anordnung der späteren Blumenblätter hervor. Diese mit den Kelchblättern abwechselnd stehenden Höcker sind in der That die Anlagen für die Kronenblätter; dieselben verhalten sich aber in ihrer weiteren Entwicklung nicht so wie der Kelch, sondern bleiben in ihrem Wachstum längere Zeit stehen, so daß sich an noch höheren Teilen der Blütenachse neue Gewebehöcker, die Staubgefäße und manchmal sogar auch noch die Fruchtblattanlagen hervorschieben und zu ihrer typischen Form erkennbar entwickeln können, wenn die Blumenblätter noch als zarte Schüppchen da stehen. Erst wenn die Blüte sich dem Zeitpunkt des Aufblühens nähert, beginnen die Kronenblätter schnell zu wachsen und sich zu färben, so daß sie durch ihre rasche Größenzunahme die schützende Kelchhülle sprengen.

Nach dieser Darstellung erscheint uns die Blume als ein Zweig, an dessen Basis die Kelchblätter und von da ab immer höher hinauf die andern

Organe, die Blumenblätter und die Staubgefäßkreise entstehen, bis oben, unmittelbar an der Spitze die Fruchtblätter, also die Stempel sich entwickeln. Wenn wir uns vorstellen, daß die Achse, welche die genannten Organe trägt, aus einer knetbaren Masse, also beispielsweise aus Glaserkitt bestände und wir auf die Spitze derart drückten, daß dieselbe senkrecht in die Masse der Achse eingesenkt würde, dann entstände ein Becher, in dessen tiefster Stelle die Fruchtblätter, also die Stempel zu finden wären und die andern Organe ständen demgemäß höher und auf dem Rande des entstandenen Achsenbechers. Thatsächlich finden wir solchen Bau bei sog. perigynen und epigynen Blumen; als Beispiel diene die in Fig. 30 dargestellte junge Apfelblüte.

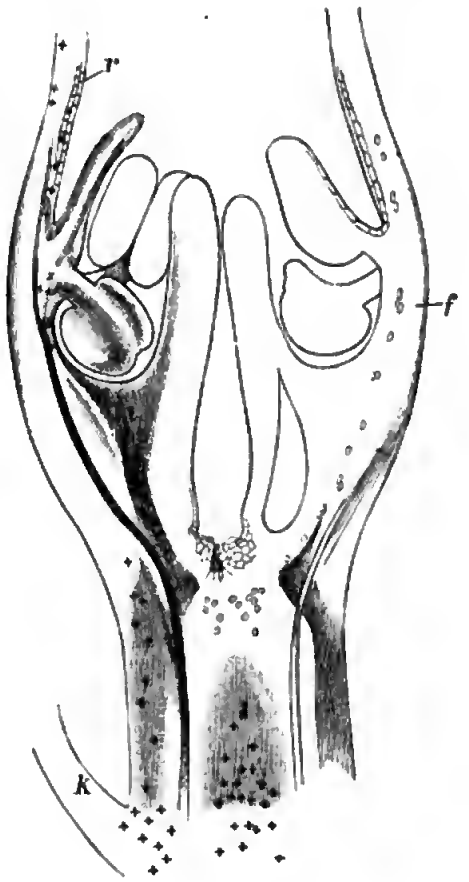

Fig. 30.
Jugendstadium einer Apfelblüte.
(Buchstabenerklärung im Text.)

An derselben liegt die eigentliche Zweigspitze, die bei der erstgegebenen Beschreibung der (hypogynen) Blume den höchsten Punkt einnimmt, hier als (zellig gezeichnete) stumpf-kegelförmig erhabene Region am Grunde des Bechers, dessen Rand von den Kelchblättern (r) gebildet wird. Unterhalb derselben finden wir linksseitig einen zungenförmigen, aufsteigenden, zarten Blattteil, das junge Blumenblatt und dicht darunter entspringt aus derselben Region des Becherrandes eines von den vielen Staubgefäßen mit noch ganz kurzem Staubfaden. Die darauffolgenden nach oben gerichteten lyraförmig gebogenen Arme sind die Griffelsäulen zweier Stempel, deren unterer Teil auf der rechten Seite angeschnitten ist und die Fruchtknotenhöhle zeigt, welche später die Apfelkerne tragen wird. Der äußere Teil der Figur bis f hinauf ist Achsengewebe, das nach dem Verblühen immer fleischiger wird und den genießbaren Teil des Apfels darstellt. Wir ersehen daraus, daß die Apfelfrucht eigentlich die Rinde eines fleischig gewordenen Zweiges ist.

Nach dieser Erkenntnis erscheint es uns auch nicht mehr auffallend,

wenn bei manchen Birnensorten das süßsaftige Fleischgewebe auch am Fruchtstiel noch herabläuft. Es hat sich eben der Prozeß der Verfleischung des Rindengewebes noch weiter abwärts als gewöhnlich fortgesetzt.

Ebenso erklärlich ist der Fall, daß wir bei einzelnen Sorten Früchte erhalten, die gar kein Kernhaus haben; sie stammen von Blumen, deren Achse keine Stempel angelegt, aber sich sonst fruchtartig entwickelt hatte.

In solchen Fällen, in denen die Blumenblätter erst kurz vor dem Aufblühen ihre Hauptstreckungszeit haben, während bis dahin das Wachstum des Kelches dominiert, ist die Krone meist Schau- und Lockapparat für die zur Befruchtung nötigen Insekten. Wenn sie bei spärlicher Ausbildung des Kelches aber selbst den Schutz der Geschlechtsorgane übernehmen muß, dann erhält sie auch, wie z. B. bei der Weinblüte, die schnelle Ausbildung des Kelches und eilt in der Entwicklung allen andern Organen voran.

Daß umgekehrt der Kelch die Rolle der Krone übernimmt, ist verhältnismäßig selten und bereits erwähnt von Aconitum und Delphinium. In einzelnen Ausnahmefällen beruht darauf die Füllung der Blumen. So sehen wir die sog. doppelten Primeln (Primula veris), Glockenblumen (Campanula medium) und Gauklerblumen (Mimulus luteus) durch die kronenartige Umwandlung des Kelches entstehen.

Am zahlreichsten sind die Fälle, in denen bei den sich füllenden Blumen der Kelch unverändert bleibt und die Zahl der Blumenblätter sich vermehrt. Eine solche Vermehrung kann dadurch erfolgen, daß die Höcker des Staubgefäßkreises sich zu je einem Blumenblatt ausbilden, wie dies bei den Ranunculaceen der Fall ist. Die Neigung zur Produktion blattartiger Organe kann aber auch so stark sein, daß aus einem Staubgefäßhöcker ein mehrteiliges Organ, also ein zu mehreren zerspaltenes Blumenblatt sich ausbildet (Caryophylleen). Manchmal bleiben die Staubgefäße unverändert und die Blumenblatthöcker entwickeln sich in einer Breite, daß die sprossende Fläche sich in mehrere Blätter spaltet, wie dies beispielsweise bei der Fuchsie zu beobachten ist. Wenn die Blüten von Clarkia sich füllen, bemerkt man einen wirklichen Sprossungsprozeß an der Basis der aus Staubgefäßen hervorgegangenen Blumenblätter; ja solche Sprossung neuer Blumenblätter kann auch an der Blütenachse selbst in der Region zwischen Corolle und Staubgefäßkreis stattfinden (Campanula).

Bei den Compositen ist der Vorgang der Blütenfüllung ein anderer. Was wir eine Blume zu nennen pflegen, ist ein Körbchen, d. h. es stehen viele Einzelblüten, die wir oberflächlich als einzelne Blumenblätter anzusehen

pflegen, auf einem gemeinsamen, polsterförmigen Blütenboden. Dabei sind vielfach die Einzelblüten zweierlei Art, wie z. B. bei der Cinerarie, wo die äußeren eine leuchtend gefärbte, bandartig ausgebreitete und nur am Grunde sich trichterförmig zusammenziehende Krone besitzen (Randblüten), während die innern (Scheibenblüten) je eine unscheinbare Röhre bilden. Die sogenannte Füllung kann sich nun in der Weise vollziehen, daß die unscheinbaren Scheibenblumen die zungenförmige Gestalt und Größe der Randblumen annehmen; dabei erhalten freilich nicht selten die Geschlechtsorgane eine mangelhafte Ausbildung. Ähnliche Vorgänge finden sich bei dem sog. gefüllten Schneeball (Viburnum Opulus) und bei der Hortensie (Hydrangea hortensis), bei der allerdings der Kelch den eigentlichen Schauapparat bildet.

Bei den Compositenkörbchen sehen wir das eigentliche, die Blumen umschließende Körbchen, das wir fälschlich als „Kelch" zu bezeichnen pflegen, durch eine größere Anzahl von meist dachziegelartig gelagerten Hüllblättern gebildet und vielfach auf dem Blütenboden selbst zwischen den einzelnen Blütchen noch kleine schuppenartige Gebilde (Spreublätter). Diese Hüllblätter und Spreublätter können sich auffällig vergrößern und färben und veranlassen dadurch auch „gefüllte Blüten". Dies ist der Fall bei den „Strohblumen" wie Xeranthemum und Helichrysum, Acroclinium roseum und Rhodanthe Manglesii. Verhältnismäßig selten sind Sprossungen. Wenn dieselben auftreten, zeigen sie sich auch in Form kleiner Seitenkörbchen, welche zwischen den Hüllkelchblättern hervorbrechen.

Die Neigung zur Füllung ist überhaupt bei den Pflanzen mit einblätteriger Krone (Monopetalen) geringer als bei den Polypetalen; aber auch unter diesen giebt es Familien, die keinen Hang zur Füllung verraten (Umbelliferae). Im allgemeinen erlangt man gefüllte Blumen leichter bei Pflanzen mit regelmäßiger als bei solchen mit unregelmäßiger Krone; doch hat die Kultur hier schon eine Menge Ausnahmen geschaffen (Viola, Pelargonium, Impatiens, Pisum, Azalea, Lobelia, Gloxinia u. a.).

§ 43. — Wie beeinflußt der Gärtner die Blütenbildung?

Die Frage in dieser Form schließt zwei Fragen in sich, nämlich wie kann der Gärtner einen Einfluß auf die Entstehung neuer Blütenanlagen ausüben und zweitens, welche Eingriffe gestatten eine Umänderung in der Ausbildung der vorhandenen Anlagen?

Bei Beantwortung dieser sowie vieler anderer Fragen können wir uns vorläufig noch nicht auf präzise durchgeführte Experimente stützen, sondern nur auf die allgemeinen Ergebnisse hinweisen, welche die gärtnerische Praxis im Laufe der Zeit gesammelt. Es muß eben noch viel mehr die Wissenschaft sich den praktischen Bedürfnissen zuwenden.

In allen denjenigen Fällen, bei denen der gärtnerische Nutzwert der Kulturpflanze durch den Blütenapparat an sich (als Schmuck) oder durch dessen Produkt, die Frucht, repräsentiert wird, ist es wünschenswert, die Blütenanlagen zu vermehren. Über diesen Punkt lehrt uns die Erfahrung, daß die Pflanzen nur dann Blütenknospen anzulegen pflegen, wenn das von den Blättern bereitete Baumaterial in Form von Reservestoffen in größerer Menge in der Achse gespeichert werden kann und nicht sofort wieder zur Produktion neuer, vegetativer Organe (Laubblätter) Verwendung findet.

Im gärtnerischen Betriebe macht man sehr häufig die Beobachtung bei mehrjährigen Pflanzen, daß die unausgesetzte und übermäßige Laubentwicklung der Blütenbildung hinderlich ist. (Ananas- und Weintreiberei). Von unsern Apfelbäumen weiß man, daß sie unter Inselklima in wärmeren Gegenden sich zu prächtig laubtragenden Bäumen entwickeln können, aber unfruchtbar bleiben. Von Cacteen weiß jeder Liebhaber, daß ein stärkeres Begießen der Pflanzen im warmen Zimmer während der Winterzeit schnell neue Zweige hervorruft, aber den Blütenansatz verhindert. Viele Neuholländer und ähnliche Pflanzen (Metrosideros, Cantua dependens, Correa) hält der Gärtner gern in verhältnismäßig kleinen Töpfen, weil sie, wie er sagt, besser blühen.

Bei sämtlichen Beispielen erweist es sich vorteilhaft, die Triebentwicklung zu hemmen und einen möglichst vollkommenen Ruhezustand herbeizuführen und zu erhalten. Das beste Hilfsmittel ist die Trockenheit und unter Umständen auch Temperatur-Erniedrigung. Von der Speicherung der Reservestoffe in gewissen Teilen der Achse durch Stauung vermittelst des Kerb- oder Ringelschnitts ist bereits früher die Rede gewesen.

Daß in der Natur eine Beschränkung der Wasserzufuhr bei Anlage von Blütenknospen stattfindet, können wir aus dem Umstand schließen, daß die meisten Gehölze eine bestimmte, kurzgliederige Form von Trieben entwickeln, an denen die Blüten zum Vorschein kommen (Kurztriebe). Daß eine Vermehrung der anzuhäufenden Baustoffe für die Blütenanlagen erforderlich, ergiebt sich aus einer Vergleichung des anatomischen Baues eines Laubtriebes mit dem des sog. Fruchtholzes. Bei letzterem ist weit mehr

Speichergewebe für Reservestoffe vorhanden; indem die Ausbildung des Mark- und Rindenparenchyms im Verhältnis zum Holzringe eine bedeutend reichlichere ist. Am auffallendsten ist diese Veränderung im Zweigbau bei den sog. „Fruchtkuchen" einzelner Birnensorten, welche ganz kurze, fast fleischig angeschwollene Zweige darstellen, bei denen der Holzring nicht die Hälfte der Ausdehnung zeigt, welche ein gleichalteriger Holztrieb desselben Baumes aufweist.

Bei Treibgehölzen ist daher das Verfahren ganz rationell, dieselben schon ein Jahr vor Beginn der Treiberei in Töpfe zu pflanzen, und sie möglichst kräftig zu ernähren, aber gegen Ende des Sommers das Gießen zu beschränken. Infolge der allmählich eintretenden Trockenheit findet sich die Herbstruhe und Entlaubung früher ein und die Veränderungen, die sich während der Ruhezeit der Pflanzen in den Zellen vollziehen müssen, um wahrscheinlich eine neue Fermentbildung und dadurch die neue Triebentwicklung zu ermöglichen, sind bereits bei Eintritt des Winters so weit fortgeschritten, wie sie bei sich selbst überlassenen Pflanzen erst im Frühjahr sich einzustellen pflegen. Die früh eingetretene Trockenheit hat bei den in Töpfen gehaltenen Gehölzen aber auch eine Verwendung der von den Blättern erarbeiteten Assimilate zu neuen Trieben verhindert und diese Baustoffe an den Knospen gespeichert erhalten.

Auch bei der Blumenzwiebeltreiberei hängt der Erfolg derselben zum großen Teil von der rechtzeitig eingetretenen Trockenheitsperiode des Vorjahres ab. Wenn die Zwiebelzüchter auf ihren starkgedüngten Böden ein feuchtes Frühjahr für kräftige Laubentwicklung haben und alsdann einer bald eintretenden, hellen, warmen Vorsommerperiode sich erfreuen können, so bleibt das Laub der Zwiebeln kurz, aber die Blütenanlagen werden reichlich und vollkommen. Hält die Trockenperiode an, so daß die Zwiebeln schnell abwelken und gut ausreifen, dann haben wir im folgenden Frühjahr reichblühende Hyazinthen u. s. w., die sich sehr leicht treiben lassen. Der Sommer des Jahres 1889 mit seiner großen Trockenperiode im Juni war ein derartig günstiger und infolgedessen der Erfolg der Frühtreiberei im Winter 89/90 ein ungemein zufriedenstellender. Die Düngung, welche man neuerdings in erhöhtem Maße den Zwiebeln bei dem Treiben giebt, hat nur den Erfolg, die bereits angelegten Organe zu möglichst üppiger Entfaltung zu bringen, beeinflußt aber die Zahl der Blütenanlagen nicht mehr. Schwächliche Blütenknospen, die bei magerer Ernährung sich nicht entfalten würden, können durch die Düngung zu freudiger Entwicklung gelangen.

Das Hilfsmittel der Düngung wird auch bei der Lösung der zweiten

Aufgabe, die gärtnerischen Kulturzwecken in erhöhtem Maße entsprechende Änderung der Organkreise der einzelnen Blüte, zur Anwendung gelangen. Die gewünschte Änderung besteht in der Mehrzahl der Fälle in einer Rückbildung der Geschlechtsorgane zu Gliedern des Blumenblattkreises oder in einer anderweitigen Vermehrung dieses Apparates behufs Erzielung gefüllter Blumen.

Bei allen den verschiedenen Vorgängen, welche die Füllung der Blumen veranlassen und welche früher bereits angeführt worden sind, ist eine einzige Entwicklungsrichtung vorherrschend: die Rückkehr vorhandener, anders gestalteter Organe zum Blattcharakter und die Neuanlage von Blattkreisen der Blumenkrone.

Da wir bei Besprechung der rückschreitenden Metamorphose bereits darauf hingewiesen haben, daß wir schließlich alle Organkreise einer Blüte zu grünen Blättern umwandeln können, so werden unsere künstlichen Eingriffe behufs Erzielung gefüllter Blüten darauf hinauslaufen müssen, solche Mittel anzuwenden, welche das Blattwachstum begünstigen. Das Blattwachstum ist abhängig erstens von dem Nährstoffvorrat, zweitens von der Wassermenge. Wenn reichlich Nährmaterial und zwar vor allen Dingen Stickstoffvorrat vorhanden ist, wird die Zellvermehrung eine bedeutende sein. Steht gleichzeitig den Organen ununterbrochen eine reiche Wassermenge zur Verfügung, so werden die jungen Zellen sich im günstigsten Maße auch strecken können.

Im Gegensatz zu den Maßnahmen betreffs Beförderung des Blütenansatzes, wo wir Beschränkung der Wasserzufuhr, Verminderung der Stickstoffgaben, Erhöhung der Phosphorsäuredüngung und der Lichtzufuhr empfehlen müssen, ist zu der Erzielung gefüllter Blüten eine dauernd reiche Bewässerung, Vermehrung der stickstoffhaltigen Bodenbestandteile, Verringerung der gewohnten Beleuchtung erfahrungsgemäß am meisten erfolgverheißend. Wir sehen die angeführten Faktoren einzeln oder in verschiedener Verbindung auch dort auftreten, wo Vergrünungserscheinungen auf natürlichem Boden ohne Zuthun des Menschen zu stande kommen. Andererseits finden wir bei Kulturfehlern bisweilen unerwünschte Verlaubungen, also Rückschläge zur Laubbildung. Die sog. Lupel- oder Narrenbildung beim Hopfen, dessen Kätzchen sich abnorm verlängern und Blätter entwickeln, wenn bei engem Stande und größerer Feuchtigkeit stark mit tierischem Dung oder, wie es scheint, auch mit Chilisalpeter gedüngt wird, ist ein Beispiel unliebsamer Verlaubung.

Auch die Verlegung der Vegetationsperioden führt nachweisbar zur

Entstehung gefüllter Blumen. Bei unserer gewöhnlichen Cinerarie (Pericallis cruenta) zeigen z. B. schwächliche Exemplare, die bis zum Frühjahr noch nicht den Blütenstand vollkommen entwickelt haben und dann an eine schattige Stelle ins Freie gesetzt werden, im Laufe des Sommers unter den spätesten Blumen verschiedenartige Füllungserscheinungen. Es werden die Connective der Staubgefäße an der Spitze verbreitert und blumenblattartig gefärbt, die Randblütchen bekommen Sprossungen auf der Rückenseite, wodurch es den Anschein gewinnt, als ob zwei bunte Zungen mit ihren Rückenflächen verwachsen wären; nicht selten entwickeln sich sogar aus den Achseln der Hüllkelchblätter neue kleine Blütenköpfchen u. s. w. Diese Bildungen kommen zustande, indem an Stelle des hellen, kühlen Frühjahrs die Sommerwärme und die mit der Beschattung verbundene größere Feuchtigkeit bei den Anlagen der späten Blüten ihre Wirkung äußern.

Was reiche Düngung auf die Umwandlung der Blütenorgane für einen Einfluß auszuüben vermag, wird am besten durch den Hinweis auf unsere Knollenbegonien illustriert. Nicht nur daß die ursprünglich einfache, männliche Blume durch Umwandlung der Staubgefäßsäule zu Blütenblättern gefüllt sich ausgebildet hat, sondern auch die weibliche Blume ist in den Verlaubungsprozeß hineingezogen und erscheint jetzt gefüllt. Gerade hier sind die wunderbarsten Umwandlungserscheinungen festzustellen. Da sehen wir beispielsweise die Äste der Griffelsäule sich vermehren und blattartig werden. Diese Veränderung greift manchmal so tief abwärts, daß sie bis in den Fruchtknoten hineinreicht; in diesem Falle öffnet sich der Fruchtknoten und die Samenknospen treten als weiße, glasige Körnchen in dichtem Haufen in das Innere der Blume. Ja wenn die Placenten und Griffeläste vollständig den Blumenblattcharakter annehmen, dann sieht man den Fruchtknoten gänzlich verschwinden und die Samenanlagen als ein weißes Mehl die Basis der inneren Blumenblätter bekleiden. Unter dem Mikroskop bemerkt man diese Samenknospen vielfach auch schon wieder auf dem Wege zur Verlaubung.

Solche Beispiele zeigen zur Genüge, in welcher Richtung der Gärtner einzugreifen hat, um Veränderungen in der Ausbildung einzelner Organkreise der Blüte zu erzielen.

Zwölftes Kapitel.

Frucht und Same.

§ 44. — Wie entstehen Frucht und Same?

Bei Besprechung der Zusammensetzung einer vollkommenen Blume ist erwähnt worden, daß der innerste Teil jeder Blüte von dem Stempel eingenommen wird, der sich meist in drei Teile gliedert: Fruchtknoten (germen), Griffel (stylus) und Narbe (stigma). Von diesen 3 Teilen ist die Narbe als Fangapparat für den Blütenstaub, der Griffel als Leitungskanal für die aus den Körnern des Blütenstaubes hervorbrechenden, fadenartigen Pollenschläuche und der Fruchtknoten als die Erzeugungs- und Ausbildungsstätte des Samens zu bezeichnen. An der Ausbildung des Stempels ist entweder nur ein Fruchtblatt beteiligt, so daß man sich dessen Ränder mantelartig zusammengeschlagen und verwachsen vorstellen kann (Gräser) oder es nehmen mehrere, in einem Kreise stehende Blätter durch Verwachsung der anstoßenden Ränder an der Bildung teil, wodurch in vielen Fällen ein mehrfächeriger Fruchtknoten entsteht. Wie bereits erwähnt, ist das röhrenförmige Verbindungsglied zwischen Narbe und Fruchtknoten, der Griffel, als wenig bedeutungsvoll bei zahlreichen Gewächsen nicht ausgebildet und die Narbe sitzt dann direkt auf dem Fruchtknoten. Einen solchen Fall stellt unsere Zeichnung eines jungen Grasfruchtknotens dar (Fig. 31). Hier finden wir den Narbenapparat (n) federig ausgebildet und höchst zierlich aufgebaut; seine zahlreichen, feinen Verästelungen machen ihn zu einer ungemein günstigen Fangvorrichtung für den leicht verfliegenden Blumenstaub. Die Hauptäste (g), welche die fiederigen Verzweigungen tragen, setzen sich direkt in das Gewebe des Fruchtknotens (f) fort, der nur eine kleine Höhle in seinem Innern erkennen läßt und diese Höhle ausgefüllt mit einer einzigen Samenknospe (o) zeigt. Diese besteht aus äußerst zartem Zellgewebe, das einen Centralteil und einen Deckenteil erkennen läßt. Die Deckschichten (integumenta) (i) schließen über der Spitze des centralen Teiles

(Eikern, nucleus) nicht dicht zusammen, so daß ein kleiner Zugang zu letzterem bleibt. Diese Öffnung wird als Eimund (micropyle) (m) bezeichnet.

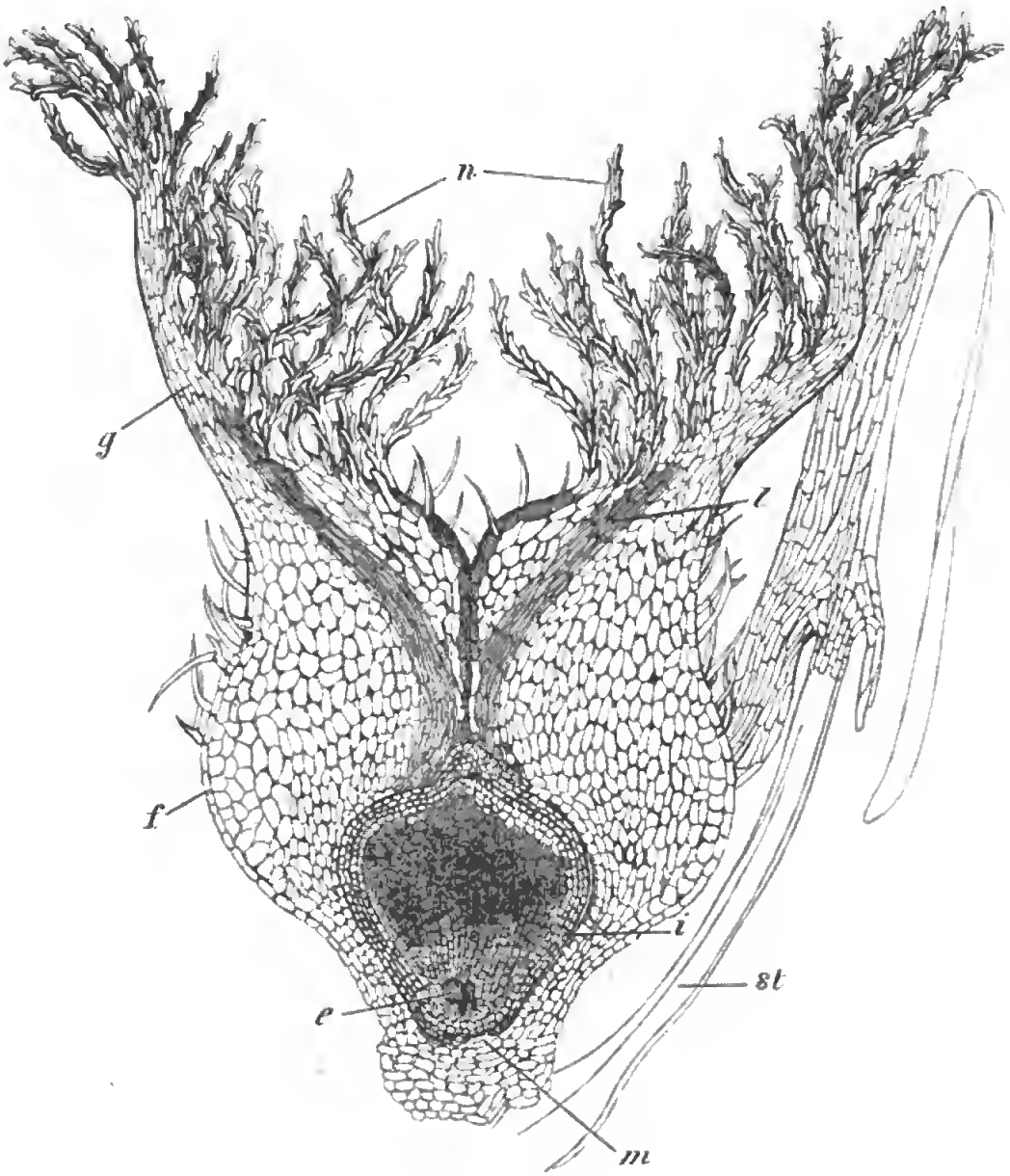

Fig. 31.

Jugendlicher Fruchtknoten der Gerste.

st Staubgefäß; f Fruchtknoten; n Narbe mit g den fiederigen Griffelästen; l das den Pollenschlauch nach der Samenanlage leitende Gewebe; o Ei; i Eihäute; m der Eimund; e Embryobläschen.

Wenn nun Körner des Blütenstaubes innerhalb der federigen Verzweigungen der Griffeläste zurückgehalten werden, dann entwickelt sich aus dem Pollenkorn durch Hervorstülpung der weichen Innenhaut (Intine) durch eine der verdünnten Stellen der festen Außenhaut (Exine) der einem Pilzfaden ähnliche Pollenschlauch, welcher sich seinen Weg durch ein bestimmtes Leitungsgewebe (l) in die Fruchtknotenhöhle hineingräbt und dort endlich in den Eimund (m) gelangt. Die genauere Darstellung der Vorgänge finden wir in der folgenden Figur. Bei der vorliegenden handelte es sich vorzugsweise um die allgemeine Übersicht der Lage eines Eies im Fruchtknoten, neben welchem noch ein junges Staubgefäß (st) angedeutet ist und um die Vorführung eines höchst zierlich und kompliziert aufgebauten Narbenapparates.

Die Vorgänge des Befruchtungsaktes in der für die Empfängnis vorbereiteten Samenknospe finden wir bei der (von Kny gegebenen) Abbildung eines Eies vom Stiefmütterchen, Viola tricolor (Fig. 32). Die von der Fruchtknotenwand abgelöste Knospe zeigt bei p die Stelle der Samenleiste (placenta), aus deren Gewebe das Ei hervorgegangen ist; das Gefäßbündel der Samenleiste r setzt sich behufs Ernährung der jungen Samenanlage in dieselbe bis an den Grund des Eikerns fort. Dieser Endpunkt, an welchem das Gefäßbündel im Eigrunde mündet, führt den Namen Chalaza. Um den Eikern, dessen Spitze als Kernwarze (KW) durch ihre kleineren Zellen kenntlich, wölbt sich die innere Eihaut (JJ) und über diese ragt die äußere (AJ) in der Weise, daß beide einen engen Kanal, die Micropyle, zwischen sich lassen. In den Eimund ist der Pollenschlauch eingedrungen, hat die Kernwarze durchbohrt und ist auf dem Gipfel einer großen, centralen, hier fast cylindrisch erscheinenden Zelle, des Embryosackes aufgestülpt.

Der Embryosack, der sich aus einer in der Längsachse des jungen Knospenkerns liegenden Zelle durch starke Vergrößerung derselben unter Verdrängung der verschleimenden Umgebung entwickelt, zeigt einen großen Zellkern, der sich teilt und dessen Teilprodukte als Tochterkerne an die beiden Enden des langen Sackes wandern. Durch wiederholte Teilung dieser Tochterkerne finden sich alsbald sowohl an der Basis wie an der Spitze des Embryosackes je 4 Zellkerne. Ein etwas späteres Entwicklungsstadium zeigt die (nach Strasburger wiedergegebene) Figur des Embryosackscheitels von Polygonum divaricatum. (Fig. 33.) Dort erkennen wir drei membranlose Zellen, von denen zwei (s) an ihrer Basis eine große Vacuole und höher nach der (hier längsstreifigen) Spitze zu ihren Zellkern zeigen;

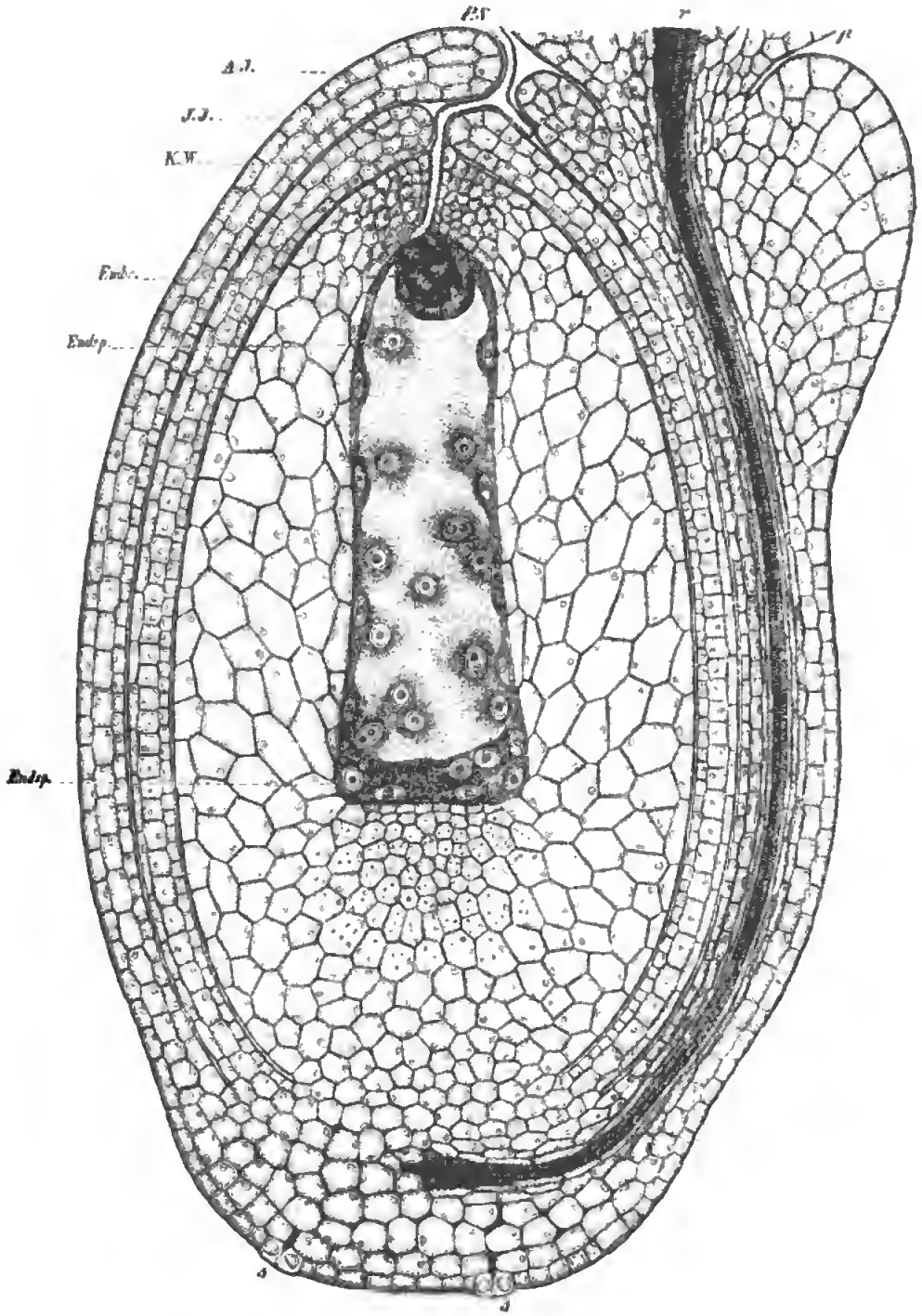

Fig. 32.

Längsschnitt durch eine Samenknospe von Viola tricolor (nach Kny).

P.S Pollenschlauch; A.J äußere Eihaut; J J innere Eihaut; K.-W Kernwarze des Knospenkerns; Embr. Embryo; Endsp. Endosperm; p Placenta; r Gefäßbündelstrang; s Spaltöffnungen.

Digitized by Google

bei der dritten (e) liegt der Zellkern an der Basis und die Vacuole nach oben.

Nur aus dieser dritten dem Embryosack mit breiter Fläche aufsitzenden Zelle entwickelt sich durch den Befruchtungsvorgang die junge Pflanze (embryo). Die beiden durch ihren gestreiften Vorderteil (Fadenapparat) ausgezeichneten Seitenzellen des ganzen eigentlichen Eiapparates werden als Gehilfinnen[1]) der Eizelle bezeichnet.

Die am entgegengesetzten, hinteren Ende des Embryosackes liegenden drei Zellen (Gegenfüßlerinnen, Antipoden) zeigen meistens bereits eine zarte Cellulosehaut und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den stets nackten Eiapparatzellen.

Wir hatten aber oben gesagt, daß an den beiden Enden des Embryosackes je 4 Zellkerne entstanden sind und sprachen bis jetzt nur von je drei derselben als zu Zellen ausgebildet; es bleibt somit noch auf jeder Seite ein Zellkern übrig. Von diesen beiden ist nun beobachtet worden, daß sie in die Mitte des Embryosackes zurückwandern und mit einander zu einem neuen Embryosackkern verschmelzen.

Derartig vorgebildet erwartet nun der immer mehr sich vergrößernde Embryosack den Pollenschlauch, der hier bei dem Stiefmütterchen (Fig. 32) als ein sich nach rechts einmal aussackender Faden bereits auf die Kernwarze KW gelangt ist und dieselbe durchbohrt hat, um zum Embryosack zu gelangen. In andern Fällen hat der Pollenschlauch weniger Hindernisse zu überwinden, indem schon vorher das Gewebe der Kernwarze aufgelöst wird, (Labiatae) so daß der Scheitel des Embryosackes direkt unter dem Eimund liegt oder manchmal sogar schlauchförmig in denselben hineinwächst. Ja die Erleichterung für den Pollenschlauch geht in einzelnen Fällen so weit, daß die Membran des Embryosackes an der im Eimund liegenden Spitze erweicht oder gar von den Gehilfinnen der Eizelle durchbohrt wird.

Auch vor dem Eintritt in den Eimund findet der aus dem Blütenstaub sich entwickelnde Pollenschlauch vielfach Vorrichtungen, die seinen Weg erleichtern. So sehen wir, daß bald Haarleisten, bald Papillen, bald drüsig-zapfige Gewebehöcker oder besonders gelockerte Gewebestreifen im Gewebe der Griffeläste und im Innern des Fruchtknotens auftreten und die Spitze des suchenden Pollenschlauches nach dem Ei oder den Eiern hinleiten. Für jedes Ei im Fruchtknoten gehört ein besonderer Pollenschlauch und bei der Menge kleiner Samen, die in manchen Fruchtknoten gebildet

[1]) Synergiden

werden (Orchideen, Ericaceen, Gesneriaceen), kann man begreiflich finden, daß bisweilen innerhalb des Griffelkanals die Büschel der zahlreichen, abwärts wachsenden Pollenschläuche schon dem bloßen Auge als ein seidenglänzender, faseriger Faden sich kenntlich machen.

In dieser Zeit des schnellen Wachstums ist der Pollenfaden dünnwandig und am hinteren, dem Pollenkorn zunächst liegenden Teile durchsichtig, weil aller Inhalt sich nach dem Spitzenteil hindrängt. Sobald der Schlauch in den Eimund eintritt, fängt seine Membran an, sich durch Quellung bedeutend aufzulockern. Denselben Vorgang der Quellung oder gar der Verschleimung haben wir als nicht seltenes Vorkommnis bereits von dem Gewebe der Kernwarze oder selbst der Membran des Embryosackes gemeldet. Es ist mithin der Boden für eine leichte Übertragbarkeit der Inhaltsstoffe des Pollenschlauches auf die an der Spitze des Embryosackes liegenden Eizellen vorbereitet.

Die Übertragung des befruchtenden Inhalts der Pollenschlauchspitze auf die eigentliche Eizelle muß im Wege der Membrandiffusion erfolgen; denn ein Durchbrechen oder Lösen der Schlauchmembran ist nicht beobachtet worden. Man sieht nur, daß das gelockerte Schlauchende, dessen Inhalt durch eine bald eintretende, von außen beginnende Verengerung der Mikropyle nach vorn gequetscht wird, sich an eine der Gehilfinnen fest angelegt hat, daß dann Zellkern und Vacuole in dieser Gehilfin verschwinden, diese selbst und ihre Schwester (Fig. 33 s s) trübe, körnig und formlos werden und schließlich als farblose, zähflüssige, unregelmäßige Massenteilchen an der eigentlichen Eizelle (e) festhaften.

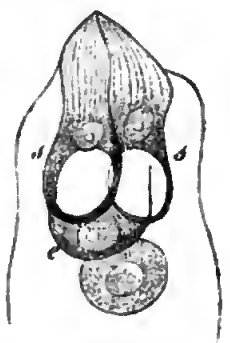

Fig. 33. Polygonum divaricatum. Embryosackscheitel mit dem Ei e und dessen beiden Gehilfinnen s s. (Nach Strasburger.)

Damit ist der Befruchtungsakt vollzogen und die Folgen desselben machen sich alsbald dadurch kenntlich, daß die Eizelle (e), in der vorübergehend zwei (später verschmelzende) Kerne wahrnehmbar waren, sich mit einer zarten Haut umkleidet.

Dieses Entwicklungsstadium ist in unserer Fig. 32 dargestellt; bei Embr. sehen wir das befruchtete Ei im Embryosacke liegen und gewahren, daß während oder kurz nach dem Befruchtungsvorgange sich Veränderungen im Embryosacke selbst vollzogen haben. Vor der Befruchtung war, wie vorhin erwähnt worden, durch Verschmelzung der zwei von der Eizellen- und Antipodenbildung übrig gebliebenen Zellkerne ein einziger neuer Zellkern vorhanden ge-

weſen. Jetzt ſind aus demſelben durch wiederholte Zweiteilung eine größere Menge Kerne (Endsp.) entſtanden, die ſich vorzugsweiſe in dem Plasma an der Wandung des Embryoſackes anſammeln. Hier bilden ſich um die Kerne herum neue Gewebezellen und dieſe Zellbildung ſchreitet derart fort, daß ſchließlich der ganze Embryoſack von Gewebezellen ausgefüllt iſt.

Dieſes Gewebe, welches den allmählich zur Größe des Eikerns heranwachſenden Embryoſack erfüllt, heißt das Sameneiweiß oder Endoſperm. Es iſt dasjenige Gewebe, in welchem die Reſerveſtoffe niedergeſchlagen werden, die beſtimmt ſind, ſpäter den jungen Keimling zu ernähren und das bei vielen Samen den Hauptbeſtandteil bildet. Bei den Getreidekörnern ſehen wir beiſpielsweiſe den kleinen Embryo in einer Ecke des Samens und das übrige Gewebe des ehemaligen Embryoſackes als das mehlhaltige, weiße Sameneiweiß den eigentlichen Hauptteil des ganzen Samens bilden. Stellen wir uns vor, es wäre in der Mitte des Mehlkörpers eines ſolchen Getreidekornes eine Höhle, in der das Korn noch milchig und mit Zellen nicht ausgefüllt wäre, ſo haben wir ein Bild, wie es thatſächlich bei der Cocosnuß vorkommt. Die Höhle in der Cocosnuß, in welcher die Cocosmilch enthalten, iſt nichts anderes als der mittlere Teil der ehemaligen Embryoſackhöhle, die in ihrer enormen Größe ſich nur zum Teil mit Endoſpermzellen (Fleiſch der Cocosnuß) vom Rande her ausgekleidet hat.

Doch nicht immer ſind die Verhältniſſe derart, daß im reifen Samen, wie bei dem Getreidekorn neben einem kleinen Keimling ein maſſiges Reſerveernährungsgewebe, Sameneiweiß, entwickelt bleibt; es giebt auch ſehr viele eiweißloſe Samen. In ſolchen Fällen überwiegt nämlich die Entwicklung des Keimlings alle übrigen Wachstumsvorgänge; die Zellen des Endoſperms werden wieder aufgelöſt und zur Ernährung des Keimlings verwendet, bis dieſer ſo mächtig wird, daß er die ganze von den Eihäuten (Fig. 32 J.J und A.J) umſchloſſene Höhlung ausfüllt. Dann haben wir diejenige Form von Samen vor uns, welche durch die gewöhnliche Gartenbohne (Phaseolus vulgaris) repräſentiert wird. Bei dieſer bilden die ehemaligen Eihäute die feſte, glänzende Samenſchale (testa) und von dieſen umſchloſſen liegt der ehemals im Embryoſacke als einzige Zelle (Embr.) vorhanden geweſene Keimling mit ſeinen planconvexen, fleiſchig-knorpeligen Keimblättern, die man im täglichen Leben als „Samenhälften“ zu bezeichnen pflegt.

Die ſtumpfe, etwa ovale Stelle, welche wir an der ſonſt glänzenden Schale jeder Bohne wahrnehmen, iſt der Ort, an welchem der Samen an

dem kleinen Nabelstrange[1]) festgesessen hat. Diese Stelle wird als Nabel[2]) bezeichnet.

Bei genauerer Prüfung sehen wir, daß diese Samenhälften an ihrer Basis miteinander verbunden sind, daß dieser Basalteil sich in ein kegelförmiges, fleischiges Spitzchen nach unten hin verlängert und nach oben hin in eine winzige Blatt- und Stengelanlage ausmündet, die zwischen den fleischigen Samenhälften eingeschlossen liegt. Daß ein solches Gebilde thatsächlich eine junge Pflanze ist, erkennen wir am deutlichsten bei der Keimung. Dann stößt die Bohne ihre Samenhaut ab, nachdem das untere, kegelförmige Ende sich als Würzelchen in den Boden hinein verlängert hat. Nach Entfernung der aus der Samenschale bestehenden Kappe breiten sich die beiden Hälften des Samens als bald ergrünende, fleischige Blätter (Samenblätter, Cotyledonen) aus und zwischen ihnen erhebt sich das junge Stengelchen. In dem Maße, als dasselbe wächst, werden die Cotyledonen immer inhaltsärmer, runzeliger und schlaffer, bis sie schließlich gänzlich verschrumpfen und abfallen; sie haben ihre Pflicht gethan, indem sie das in ihnen gespeichert gewesene Nährmaterial zur Ausbildung des neuen Stengelchens und Wurzelkörpers hergegeben haben. Solche fleischige Cotyledonen übernehmen im eiweißlosen Samen somit die Bestimmung, die dem Endosperm in den eiweißhaltigen Samen zugeteilt ist, nämlich die Aufspeicherung der Reservenahrung im Samen behufs Ernährung des Keimlings in den ersten Stadien der Keimung.

Der Reiz, den der Befruchtungsvorgang auf die Samenknospe ausübt, indem er dieselbe zur Ausbildung zum fertigen Samen anregt, setzt sich aber auch weiter auf die Gewebe des Fruchtknotens fort. Man sieht dies recht deutlich bei den Blüten unserer Kernobstbäume, bei denen man schon einige Tage nach dem Verblühen mit ziemlicher Sicherheit unterscheiden kann, welche Blüten befruchtet worden sind. Bei letzteren nämlich bleibt der Blütenstiel straffer und beginnt auch alsbald, sich zu verdicken.

Mit der fortschreitenden Entwicklung des Samens gehen auch die denselben tragenden Fruchtblätter Veränderungen ein, so daß sich allmählich der grüne Fruchtknoten zur reifen Frucht ausbildet. Die Substanz der Fruchtblätter, also die Fruchtknotenwand, läßt häufig drei verschiedene Schichten unterscheiden: eine äußerste Lage[3]), das Mittelfleisch[4]) und eine Innenschicht[5]). Falls alle drei Schichten[6]) trocken, hautartig oder holzig werden,

---

[1]) funiculus. [2]) hilus. [3]) epicarpium. [4]) mesocarpium. [5]) endocarpium. [6]) pericarpium.

ſpricht man von trockenen Früchten (Haſelnuß, Rapsſchote, Lilienkapſel, Mohnkapſel u. ſ. w.) Werden dagegen alle oder einzelne Schichten fleiſchig und bleiben ſaftig, ſo bezeichnet man die Früchte als ſaftig und rechnet dahin z. B. die Stachelbeere, die verholzte Beere des Kürbis, die Steinbeere der Kirſche und Pflaume. Der Stein bei dem Steinobſt iſt alſo nicht der Same, ſondern die ſclerenchymatiſche Innenſchicht des Fruchtknotens, die erſt den Samen einſchließt. Ebenſo iſt es für den Gärtner von Wichtigkeit, zu wiſſen, daß die Frucht des Kernobſtes nur eine Scheinfrucht iſt, bei deren Bildung auch der Blütenboden, alſo der die Frucht tragende Achſenteil, beteiligt iſt. Auch bei der Erdbeere eſſen wir eigentlich den Blütenboden, der in ſeinem fleiſchigen Gewebe die Samen als kleine Nüßchen eingedrückt enthält. Dagegen haben wir bei der Himbeere und Brombeere es mit echten Früchtchen zu thun, die gehäuft auf dem Blütenboden ſtehen. Bei Ananas, Maulbeere und Feige ſind es ganze Blütenſtände, die fleiſchig und zuckerreich werden. Bei der echten Kaſtanie iſt die ſtachelige, ſchließlich aufſpringende Kapſel gar nicht die Frucht, ſondern nur eine fruchtartig gewordene Hülle aus Deckblättern (cupula) wie ſie noch in Blattform die Haſelnuß und als holziges Becherchen die Eiche zeigen.

§ 45. — Wie kann der Gärtner die Fruchtbildung durch das Kultur-Verfahren beeinfluſſen?

Wir haben am Schluß des vorigen Abſchnittes die Entſtehungsweiſe von Früchten und (im gewöhnlichen Leben auch als ſolche angeſprochenen) Scheinfrüchten berührt, um hier auf die Einflüſſe einzugehen, welche wünſchenswerte Veränderungen hervorzurufen vermögen.

Bei den als Genußmittel benutzten Früchten ſucht die Kultur darauf hinzuwirken, die Zahl und die Größe, das Ausſehen und die Schmackhaftigkeit zu erhöhen.

Eine Steigerung der Anzahl der Früchte verlangt eine Vermehrung der Blütenknoſpen und da dieſe in der der Fruchtentwicklung vorhergehenden Vegetationsperiode meiſt bereits angelegt werden, muß ſich die Thätigkeit des Züchters ſchon im Vorjahre geltend machen. Die tägliche Beobachtung lehrt nun, daß die ſexuelle Reproduktionsperiode bei den Gewächſen erſt dann eintritt, wenn die vegetative Periode, d. h. die Laubproduktion minder vorherrſchend wird oder zeitweiſe ganz aufhört. Die Laubarbeit hat zum Zweck die Beſchaffung von organiſchem Baumaterial aus den Rohſtoffen, die ſich als Mineralbeſtandteile im Boden, als Kohlenſäure in der Luft

befinden. Je kräftiger die Anlage der jungen Pflanze im Samen, desto kräftiger der hervorsprossende Keimling, also die Arbeitsmaschine. Je größer und zahlreicher die Organe, desto größere Mengen Rohmaterial werden in derselben Zeit verarbeitet werden können, desto mehr neue Arbeitsglieder in Form von Blättern schafft sich auch die Pflanze. Je länger der Apparat arbeitet, desto mehr Assimilate wird er herstellen.

Die Länge der Arbeitszeit und die Art und Weise der Verwendung der Assimilate hängt nun zum Teil von der Jahreszeit ab, in welche die vegetative Periode fällt. Bei den sich selbst im Freien überlassenen Gewächsen fällt die Keimungsperiode der Samen und der Laubausbruch der mehrjährigen Pflanzen in das Frühjahr, das sich durch das Vorhandensein größerer Bodenfeuchtigkeit, durch häufigere Niederschläge, durch noch geringere Licht- und Wärmezufuhr vom Sommer unterscheidet. Diese Kombination der Vegetationsfaktoren erweist sich als besonders günstig für die Blattentwicklung. Dagegen wird das Laub kleiner, die Triebe kürzer, die Zahl der Zweige geringer und ihre Entwicklungsdauer beschränkter, wenn man künstlich den Beginn der Laubentwicklung in die Sommerzeit verschiebt oder wenn das Frühjahr abnorm trocken und heiß ist. Die Pflanze gelangt dann sehr früh zum Abschluß ihrer vegetativen Periode und schickt sich alsbald an, die erarbeiteten Assimilate in der sich einstellenden Sexualperiode zu verwerten.

Wird dagegen die erste Periode künstlich durch Beschattung, reichliches Gießen, starke Stickstoffnahrung verlängert oder schließt sich an ein feuchtes Frühjahr ein nasser, trüber, kalter Sommer, so tritt kein gänzlicher Abschluß der Periode der Laubproduktion ein, sondern die Pflanze verwendet einen großen Teil ihrer hergestellten Assimilate sofort zur Weiterentwicklung der Laubknospen, also zur Vermehrung des Laubkörpers und es bleibt ihr in der Regel dann keine Gelegenheit, die für den Blütenknospenansatz erforderliche Menge von Reservestoffen zu speichern. Bei unsern Bäumen sehen wir ebenfalls, daß der Fruchtansatz so lange unterbleibt, als der Baum noch mit Ausbau seiner Achse und Krone in der Jugend beschäftigt ist. Eichen werden durchschnittlich 50 Jahre, Fichten etwa 40 Jahre, Kiefern annähernd 20 Jahre, unsere Obstbäume mit den Kulturhilfsmitteln immerhin noch 12—15 Jahre alt, bevor die Zweigproduktion sich derartig gemäßigt hat, daß Kurztriebe gebildet werden, an denen Blütenknospen entstehen. Erst dann, wenn die Jugendperiode vorüber ist, erlischt rechtzeitig das Spitzenwachstum der Zweige und speichert sich die Nahrung genügend im

Achsenorgan. Die Speicherung wird um so reichlicher ausfallen, je mehr Blätter die Assimilationsarbeit ausführen.

Unsere künstlichen Eingriffe werden also darauf hinauslaufen müssen, allen Pflanzen, deren Fruchtansatz wir vermehren wollen, zunächst einen möglichst großen Laubapparat zu beschaffen und demselben eine genügend lange Arbeitszeit zu gönnen, sodann aber den Eintritt einer Ruheperiode rechtzeitig zu veranlassen.

Diese aus den täglichen Wahrnehmungen abgeleiteten Schlußfolgerungen setzen uns jetzt in den Stand, die Methode der Erziehung unserer Zwerg- und Spalierobststämme zu beurteilen. Wir werden jetzt erkennen, warum bei den Formenbäumen so häufig zwar regelmäßig gezogene Astformen aber keine oder sehr spärliche Blütenknospen zu finden sind. Der unvorsichtige Sommerschnitt und das zu häufige Entspitzen (Pincieren) regen viele der sonst bis zum nächsten Jahr ruhenden Knospen zur vorzeitigen Entwicklung an und der Baum erschöpft seine Kräfte in der erzwungenen Neubildung vegetativer Triebe, ohne Zeit zu haben, eine genügende Menge Laub lange genug in der Assimilationsarbeit zu erhalten. Wir haben diesen Punkt bereits bei der Behandlung der Achse berührt.

Bei den ein- und zweijährigen Pflanzen ist natürlich derselbe Grundsatz maßgebend, wie bei den Gehölzen; nur können wir hier nicht die Fehler eines Jahres im folgenden an denselben Pflanzen wieder gut machen. Hier müssen wir von Anfang an im Auge behalten, daß eine möglichst große Blütenzahl nur durch reichliches und lange in Arbeit zu erhaltendes Blattmaterial erlangt werden kann. Unter der für den gärtnerischen Betrieb überall gültigen Voraussetzung, daß Bodennährstoffe genügend vorhanden sind, wird der Züchter zunächst darauf Bedacht nehmen müssen, eine möglichst frühzeitige Aussaat zur Anwendung zu bringen. Ferner wird er die Laubausbildung durch schnellwirkende Kali- und Stickstoffdüngung in kleinen Quantitäten in Form von Kopfdüngung, Jauchegüssen u. s. w. unterstützen, vor allem aber durch regelmäßige Wassergaben die Gewebestreckung befördern müssen. Diese Unterstützung läßt allmählich in dem Grade nach, als man sich der heißen Jahreszeit nähert. Die reiche Besonnung und die verminderte Wasserzufuhr lassen nun die Neubildung von Laubblättern zurücktreten oder gänzlich aufhören, und geben der Pflanze Gelegenheit zum Ansatz der Blütenknospen und zur kräftigen Ausbildung von Frucht und Samen.

Es kommt nun gänzlich auf die Spezies der Kulturpflanze und den erwünschten Nutzeffekt an, ob nach der Blüte abermals der Gärtner mit

künſtlichen Hilfsmitteln eingreifen darf. Iſt die Samengewinnung der Hauptzweck der Kultur, ſo erſcheint es am beſten, die Pflanze ſich ſelbſt zu überlaſſen und ſie ungeſtört das plaſtiſche Material, das der kräftige Laubkörper in der vorhergehenden vegetativen Periode bereitet und im Blatt und Stengel geſpeichert hat, in die Samenanlagen hinaufführen zu laſſen. Die nötigen Aſſimilate wandern langſam von den älteren Achſenteilen nach den Fruchtknoten hin, wobei die Blätter allmählich verarmen und vergilben. Düngung in dieſer Periode iſt geradezu ſchädlich.

Handelt es ſich dagegen in erſter Linie darum, die Frucht als Genußmittel auszubilden, alſo die Fruchtblätter oder die fleiſchig werdenden Achſenteile der Scheinfrüchte möglichſt fleiſchig und zuckerreich zu erhalten, ſo wird eine weitere Unterſtützung der natürlichen Prozeſſe ſich lohnend erweiſen. Hier ſind es alſo nicht mehr die eigentlichen ſexuellen Knoſpen, die nur von früher fertiggeſtellten Aſſimilaten ernährt werden müſſen, ſondern Teile, die eigentlich dem vegetativen Syſtem angehören und daher Wachstumsförderungen durch dieſelben Faktoren vertragen, welche die Ausbildung des grünen Laubblattes begünſtigen.

Bei den Obſtfrüchten verlangt man reiche Ausbildung des Fleiſches, Zartheit und Saftigkeit nebſt Süßigkeit. Die Entwicklung des Fleiſches beruht auf Zellvermehrung und Zellſtreckung. Es iſt bisher nicht erwieſen, daß eine Frucht noch nachträglich viel neue Zellen bildet. Im beſchränkten Maße dürfte der Vorgang vielleicht ſtattfinden; doch iſt aus dem Umſtande, daß bei großen Früchten die Anzahl der Zelllagen nicht weſentlich von der bei kleinen Früchten derſelben Sorte abweicht, eher zu ſchließen, daß nur die Ausbildung der Zellen eine verſchiedenartige iſt. Größe der einzelnen Zellen und Menge der Inhaltsſtoffe erweiſen ſich bei den verſchiedenen Früchten aber als ſehr variabel. Die Unterſtützung in der Fruchtausbildung wird alſo beſonders in Anwendung derjenigen Mittel beſtehen müſſen, die Zellſtreckung hervorrufen und ſchwache Zellelemente noch zur Ausbildung bringen. In der Praxis bedient man ſich daher wiederholter Waſſerzufuhr und auch eines mäßigen Jaucheguſſes.

Die Wirkſamkeit ſcheint um ſo erfolgreicher zu ſein, je mehr das als Frucht ſich ausbildende Organ dem Charakter der vegetativen Achſe ſich nähert. So erweiſen ſich die ſchwachen Dunggüſſe oder auch bloße Bewäſſerung beſonders nützlich für die Schwellung der Kernobſtfrüchte, der Feigen, Ananas und Erdbeeren. Die Apfelfrucht können wir betrachten als eine krugförmig ausgehöhlte Zweigſpitze, in welche die Fruchtblätter mit ihren Samen hineingedrückt ſind. Das Apfel- und Birnenfleiſch ent-

ſpricht zum größten Teil einem ungemein üppigen Rindengewebe, was wir am beſten bei denjenigen abnormen Früchten beobachten können, bei denen ſich das Fruchtfleiſch einſeitig noch am Stiel herabzieht. Bei der Erdbeere iſt die fleiſchige Blütenachſe nicht krugförmig ausgehöhlt, ſondern kegelförmig vorgezogen und dort ſehen wir auch bereits die Erfolge und zum Teil auch ſchon die Mißerfolge überreicher Waſſer- und Nährſtoffzufuhr: Viele Blüten bleiben taub und die in geringerer Anzahl ſich ausbildenden, enorm großen Früchte beginnen bereits, in der Mitte hohl zu werden. Die Streckung der einzelnen Zellen und die Spannung der Gewebe innerhalb der Achſe iſt ſo groß, daß die Zellen auseinanderweichen, wie wir dies bei andern Achſenorganen infolge hochgradiger Ernährung auch finden (Rüben, Kartoffeln).

Bei dem Steinobſt wird eine geeignete Waſſerzufuhr ebenfalls zur Schwellung der Früchte beitragen; indes muß man hier vorſichtiger bei der Wahl des Zeitpunktes für die Bewäſſerung ſein, weil ſonſt nicht ſelten ein Abwerfen der Früchte ſich einſtellen kann. Namentlich bei der Pfirſich-, Aprikoſen- und Pflaumentreiberei empfiehlt es ſich, mit den reichen Waſſergaben und einem Dungguß zu warten, bis die Frucht etwas mehr als die halbe normale Größe erreicht hat und die ſcelerenchymatiſchen Zellen, welche den Stein bilden, genügend ausgebildet ſind. In der Periode der Steinausbildung iſt das Größenwachstum der Frucht nicht ſehr bedeutend, was darauf hinzudeuten ſcheint, daß auch das Waſſerbedürfnis der Frucht während dieſer Zeit geringer iſt. Gerade in dieſer Periode werden bei gleichmäßig reichlicher Bewäſſerung die meiſten Früchte abgeworfen. Ebenſo ſoll man ſich hüten, ſtark zu gießen, falls die Bäume eine längere Trockenperiode haben durchmachen müſſen, ſo daß vielleicht eine vorzeitige Färbung der Früchte begonnen hat. Plötzliche, ſtarke Waſſerzufuhr kann ein Abſtoßen der ſämtlichen Früchte hervorrufen; hier muß mit kleinen Waſſergaben begonnen werden, um den Baum allmählich erſt wieder an ſtärkere Verdunſtungsarbeit zu gewöhnen.

Eingeſchaltet möge hier die Bemerkung werden, daß die in der Praxis meiſtens übliche Methode der Behandlung von Pflanzen, die durch Trockenheit gelitten haben, falſch iſt. In der Regel wird ſtark gegoſſen, beſchattet und wo es angänglich iſt, auch noch feuchte Luft zur Anwendung gebracht. Man vergißt dabei, daß der Organismus durch die andauernde Trockenperiode ſich von der ſtarken Tranſpiration entwöhnt hat, und daß dieſe in erſter Linie gehoben werden muß, ehe eine richtige Waſſeraufnahme erfolgen kann. Es geſchieht dies am beſten dadurch, daß man nach einmaliger Be-

wässerung die Pflanze in heller Beleuchtung und trockner Luft stehen läßt. Man kann auf der Wage verfolgen, daß allmählich die Transpirationsgröße zunimmt und die Pflanze sich erholt, während die plötzlich stark bewässerten und in feuchtem, schattigem Raume gehaltenen Pflanzen derselben Versuchsreihe zurückbleiben oder zu Grunde gehen.

§ 46. — Welche Einflüsse machen sich bei der Samenausbildung geltend?

Die Samenanlagen, Samenknospen oder Eier werden, wie wir gesehen haben, durch den Befruchtungsvorgang d. h. durch die Einwirkung der Pollenschlauchspitze auf die im Embryosack liegende Eizelle zum Samen. Ohne den Befruchtungsprozeß entsteht kein Same; wohl aber kann eine Frucht, namentlich eine Scheinfrucht, die aus dem fleischigen Blütenboden gebildet wird, sich ohne Befruchtung entwickeln. So haben wir in einzelnen Fällen beispielsweise Birnen in abnormer, sprossender Ausbildung, die nicht einmal ein Kernhaus besitzen und doch in ihrem Gewebe soweit die Reifevorgänge durchmachen, daß sie genießbar werden.

Die Befruchtung ist abhängig vom Bestäubungsvorgange d. h. der Übertragung des Blütenstaubes auf die Narbe. In Rücksicht darauf, daß der Gärtner in vielen Fällen behufs Erlangung der Samen gezwungen ist, künstlich zu bestäuben, indem er mittels eines feinen Pinsels den Pollen auf die Narbe bringt, ist darauf ganz besonders aufmerksam zu machen, daß mancherlei Hemmnisse eintreten, welche seine Mühe vergeblich machen. Auch in der Natur sehen wir vielfach, daß der Pollen aus den sich öffnenden Staubbeuteln direkt auf die Narbe derselben Blüte gelangt (Selbstbestäubung), aber dort wirkungslos bleibt. Dies ist der Fall bei den sog. dichogamen Blüten, bei denen nämlich die Geschlechtsorgane zu verschiedenen Zeiten geschlechtsreif werden. Vielfach erweisen sich die Staubgefäße schon zu einer Zeit stäubungsfähig und entleeren ihre Pollenmassen, wenn die Narbe derselben Blume noch nicht empfängnisreif ist. Derartige Pflanzen (Geraniaceen, Malvaceen, Compositen u. a.) bezeichnet man als protandrische, und bei ihnen kann sich nur die Befruchtung mit Hilfe einer zweiten, jüngeren Blüte vollziehen, die durch natürliche oder künstliche Übertragung ihres Pollens mitwirkt. Im umgekehrten Falle, bei sogen. protogynischen Blüten, verlangt die früher geschlechtsreif werdende Narbe den Pollen einer älteren Blume, weil der eigne noch gar nicht fertig ausgebildet ist (ein Teil der Gramineen). Aber selbst bei annähernd

gleichzeitiger Reife der Sexualorgane einer Blüte kann die Selbstbefruchtung erschwert oder verhindert werden, wenn die Staubgefäße nicht so lang werden, daß sie die Narbe erreichen können. Es ist dies der Fall bei eintretendem Dimorphismus der Blumen. Hier zeigt sich nämlich, daß bei derselben Spezies (Primeln) zweierlei Arten von Zwitterblüten entstehen. Einzelne Exemplare zeigen die Griffel so lang, daß diese bis an den Schlund der Kronenröhre treten (bei anderen Pflanzen sogar frei hervorragen), dafür aber die Staubgefäße kurz und in der Röhre verborgen bleibend; bei andern Exemplaren ist dieses Verhältnis (Heterostylie) umgekehrt. Damit scheint die Natur gleichsam den Weg vorzuzeichnen, der bei der Befruchtung eingeschlagen werden muß: die Blumen mit langen Staubgefäßen sollen ihren Pollen auf die langgriffeligen Blüten übertragen. Daß die Befolgung dieses angedeuteten Weges wirklich nützlich ist, geht aus Versuchen hervor, die man mit der künstlichen Befruchtung derartiger Formen unter sich und miteinander angestellt hat. Es ergab sich dabei, daß die Samenproduktion sehr gering war oder gänzlich fehlschlug, wenn eine (kurz- oder langgriffelige) Form mit dem eigenen Pollen oder demjenigen einer gleichartigen Blüte bestäubt wurde, daß dagegen reichliche Samenproduktion sich zeigte, sobald die langgriffelige Form vom Blütenstaub einer kurzgriffeligen, aber mit langen Staubgefäßen versehenen befruchtet wurde.[1])

Solchen Verhältnissen wie die Heterostylie, reihen sich noch mancherlei andere Einrichtungen in der Natur an, welche auf die Notwendigkeit von Bestäubungsvermittlern hinweisen. Man denke nur an die fest zusammenhängenden Pollenmassen der Orchideen, welche nicht von selbst auf die Narbe gelangen können, ferner an die monöcischen und diöcischen Pflanzen u. s. w. Bei letzteren, wie z. B. bei den Coniferen, den Weiden, Pappeln, Eichen übernimmt der Wind den Transport des Pollens; man

[1]) Man hat solche Bestäubung von Blumen, bei denen die Geschlechtsorgane ungleiche Länge in derselben Blüte haben, mit sich selbst oder ebenso gebauten Blüten als eine „illegitime Verbindung“ bezeichnet. Dieser gegenüber steht die in der Natur hauptsächlich vorkommende „legitime Verbindung“, bei denen die Staubgefäße der befruchtenden Blume dieselbe Länge wie die Griffel der zu befruchtenden erreicht haben. Obgleich ein derartig günstig auf die Samenproduktion wirkender Einfluß des Pollens einer fremden Blüte, also eine „Fremdbestäubung“ nicht überall erwiesen ist, im Gegenteil sich auch viele Beispiele beibringen lassen, daß der eigene Pollen (Selbstbestäubung) zur Erlangung einer vollkommenen Samenernte hinreicht, so wird man dennoch bei künstlicher Befruchtung immer gut thun, den Pollen einer andern Blume auf die Narbe zu übertragen.

nennt daher solche Gewächse auch „Windblütler“ (Anemophilae) im Gegensatz zu solchen Pflanzen, bei denen Tiere, namentlich Insekten die Rolle des Pollenträgers absichtslos spielen (Insektenblütler, Entomophilae) wie dies z. B. bei den Orchideen, Aristolochien, manchen Lippenblütlern und Schmetterlingsblumen notwendig ist. Bei einzelnen Wassergewächsen (Vallisneria, Ceratophyllum) muß das Wasser den Pollen auf die Narbe tragen (Wasserblütler Hydrophilae).

Namentlich bei der Insektenbestäubung liegen die interessantesten Beobachtungen über das Eingreifen der Tierwelt in den pflanzlichen Haushalt vor; wir müssen uns aber hier an einem einzigen Beispiel genügen lassen.

Im Jahre 1885 wurden im Garten der Acclimatisationsgesellschaft zu Canterbury auf Neuseeland die ersten Hummeln eingeführt. Im nächsten Jahre hatten sich die Tiere bereits reichlich vermehrt und weit in das Land hinein verbreitet und nun kam die Nachricht, daß der rote Klee, der früher nur spärlich Samen getragen, jetzt sehr reiche Samenernten lieferte. Man sieht, es hatten in diesem Falle die Hummeln bisher zur Bestäubung gefehlt.

Auch bei uns spielen Bienen und Hummeln eine beachtenswerte Rolle; sie übertragen mit ihrem behaarten Körper den Pollen aus den Blüten, die sie zur Erlangung des Honigs anbohren. Bei Aquilegia vulgaris z. B. wird der Sporn von den Hummeln angebohrt; ebenso bohren Hummeln die Blumen von Weigelia an, während die Honigbiene in die Kronenröhre hineingeht. Bei Orchis zeigt sich manchmal ein Schlitz im Sporn, Tropaeolum majus nicht selten 2 bis 5 Löcher an einem Sporn.

Auch Wasserpflanzen werden von Insekten befruchtet, wie beispielsweise Nymphaea, Nuphar, Utricularia, Aldrovandia, Hottonia, Stratiotes, Trapa; dies trifft aber nur zu, solange die Blüten mit ihren mehr oder weniger leuchtend gefärbten und dadurch die Insekten anlockenden Blütendecken über Wasser gehalten werden. Verkürzen sich aber die Achsen der Blütenstände, so daß die Blumen unter Wasser bleiben, so tritt Kleistogamie ein. Man versteht darunter die Entwicklung kleinerer, mangelhafter ausgebildeter Zwitterblüten, die sich gar nicht öffnen und notgedrungen sich selbst befruchten. Hier ist aber gerade die Selbstbefruchtung sehr wirksam und manchmal sind die kleistogamen Blüten überhaupt die einzigen Samenproduzenten, während die mit dem in die Augen fallenden Lockapparat einer großen, schön gefärbten Blumenkrone versehenen Blüten steril sind. Unter den bekannten Landpflanzen ist namentlich das Veilchen als

Beispiel ausgeprägter Kleistogamie anzuführen; von wilden Pflanzen gehören hierher: Lamium, Ononis, Linaria, Oxalis u. a. hier sind die kleistogamen Blüten nicht nur kleiner, sondern auch nur mit verkümmerten geruchlosen, bisweilen auch nectarienlosen Kronenblättern versehen.

Auf alle diese Verhältnisse muß Rücksicht genommen werden, wenn wir eines der Hauptarbeitsfelder des Gärtners, das der Erzielung neuer Formen durch Befruchtung verschiedener Arten, mit Erfolg bebauen wollen. Vorläufig liegt noch zu wenig System in den gärtnerischen Befruchtungsversuchen; trotz vieler, sehr schöner Erfolge muß man doch zugeben, daß dieselben mehr durch zufällig glückliche Wahl der zu befruchtenden Individuen als durch zielbewußte Methode erlangt worden sind. Allerdings vermag auch die Wissenschaft trotz sehr zahlreicher und gewissenhafter Einzelbeobachtungen noch wenig allgemein gültige, leitende Gesichtspunkte anzugeben und sie selbst könnte hier durch die Arbeiten des Gärtners ganz wesentlich gefördert werden. Nur eine große Klippe ist dabei zu vermeiden. Der Praktiker hat in der Regel nicht Zeit, die erforderliche Genauigkeit in der Entfernung der Staubgefäße, in der Entnahme des fremden Pollens, in der Absperrung der befruchteten Blume, in der Buchführung über die vollzogenen Befruchtungen walten zu lassen und ersetzt bei den erlangten Resultaten oftmals die versäumte wirkliche Beobachtung durch eine von ihm selbst fest geglaubte Annahme. Dieses Verfahren führt naturgemäß zu Täuschungen. Wer es ehrlich meint, sollte ruhig bekennen, daß die Herkunft einer neu erzogenen Kulturform nicht sicher anzugeben ist. Am meisten Sicherheit werden die Ergebnisse gewähren, welche von Spezialisten, die sich nur mit einer einzigen Gattung oder Art beschäftigen, erzielt werden. Hier ersetzt die Wiederholung, die Wiederkehr der früheren Resultate am besten die fehlende Genauigkeit, die unbedingt notwendig ist, wenn ein Versuch nur einmal durchgeführt werden kann.

Ganz besonders geeignet erscheinen nun in dieser Beziehung die Orchideen; sie sind jetzt Modepflanzen, erfahren darum von Seiten des Züchters auch größere Aufmerksamkeit bei der Befruchtung, und bieten bei dem Mangel der befruchtenden Insekten im allgemeinen die größte Sicherheit gegen zufällige Bestäubung. Nur bei Phajus grandifolius, Aërides affine, Vanda Roxburghii, Laelia cinnabarina, Cypripedium Schlimii, javanicum, virens und Bullenianum sind Fälle gelegentlicher Befruchtung durch Wind, Insekten u. s. w. beobachtet worden. Die Anzeichen, daß die Blumen angenommen, also die Befruchtung gelungen ist, sind nicht überall gleichartig und gleichzeitig; darum darf der Gärtner

bei dem Ausbleiben der gewöhnlichen Anzeichen sich nicht sogleich irre machen lassen. Das bekannteste Merkmal gelungener Befruchtung ist das ziemlich, bisweilen sogar überraschend schnelle Anschwellen des Fruchtknotens, wie es bei Oncidium (Papilio, Forbesii) Odontoglossum, Laelia, Cattleya, Phalaenopsis u. a. beobachtet worden ist. Andere Orchideen schließen ihre Blumen am Tage nach der Befruchtung; Cypripedium aber bleibt z. B. lange frisch und zeigt auch kein Anschwellen des Fruchtknotens. Bei Kreuzungen verschiedener Geschlechter ändern sich die Anzeichen manchmal.

Andererseits ist hervorzuheben, daß nicht immer Veränderungen, die nach der Bestäubung eintreten, ein sicheres Zeichen auch von gelungener Befruchtung sind, namentlich kann die Beobachtung, daß die Pollenschläuche einer fremden Art oder Gattung in den Griffelkanal hineinwachsen, nicht als Beweis angesehen werden. So teilt beispielsweise Strasburger mit, daß er den Pollenschlauch von Lathyrus montanus bis in den Fruchtknoten von Convallaria latifolia und den von Agapanthus umbellatus bis tief in den Griffel von Achimenes grandiflora (aber nicht umgekehrt) vordringen gesehen habe. Die Pollenschläuche von Fritillaria persica sollen sogar, in den Fruchtknoten von Orchisarten hineinwachsend, die Entwicklung der Samenknospen und deren Anschwellung anregen.

Allgemein gültige Regeln für die Bastardbildung giebt es nicht. Es läßt sich vorläufig nur soviel behaupten, daß die Befruchtung um so leichter gelingt, je verwandter die zu kreuzenden Exemplare mit einander sind, wenn es sich also um Varietäten einer Art, Arten einer Gattung u. s. w. handelt. Man wird sich diese Thatsache sehr gut damit erklären können, daß die Stoffkombinationen, welche vom Pollenschlauch aus auf die Eizelle einwirken, bei verwandten Arten auch am ähnlichsten und zu Verbindungen am leichtesten geneigt sein werden. Indes giebt es eben auch mancherlei Ausnahmefälle. So ist beobachtet worden, daß Orchis Morio auf Orchis fusca keine Pollenschläuche treibt, während umgekehrt die Pollenschläuche von O. fusca in den Fruchtknoten von O. Morio hineinwachsen und eine normale Befruchtung vollziehen.

Über die Fruchtbarkeit der Bastarde war früher die Ansicht geltend, daß dieselben zwar meist in der vegetativen Entwicklung kräftiger, in ihrer Geschlechtssphäre aber wesentlich geschwächt erscheinen. Bald sind die Staubgefäße, bald die Eier unvollkommen entwickelt. Dagegen sollte die Fruchtbarkeit wieder zunehmen, wenn derartige Bastarde mit einer der Eltern befruchtet würden und sich in ihren Merkmalen wieder dem Charakter

der Eltern nähern. Man darf jedoch diese Angaben nicht als Regel betrachten; denn man sieht, daß dieselben Erscheinungen bei der Varietätenbildung, also der Entstehung neuer Formen aus Samen, bei deren Entwicklung keine fremde Art mitgewirkt, auch häufig sind.

Unsere gesamte Kulturrichtung erzeugt jetzt eine zunehmende Neigung zur Unfruchtbarkeit (Sterilität).

Die Erscheinung liegt darin begründet, daß wir durch das Bestreben, möglichst kräftige Pflanzen zu erzeugen, die vegetative Produktion durch reichste Wasser- und Düngerzufuhr bis an die Maximalgrenze der Verarbeitungskraft der Pflanzenspezies erhöhen. Unsere gärtnerischen Kulturpflanzen zeigen üppigeren Blattwuchs, schnellere Produktion, weichere Gewebe, größere Blumen, saftigere Früchte u. s. w. Aber sie zeigen auch alle Folgen der künstlichen Bevorzugung der vegetativen Produktion in immer reichlicher auftretenden Erscheinungen der rückschreitenden Metamorphose, also der Vergrünung, der Verlaubung und Durchwachsung sowie Sprossungen aller Art, namentlich aber zeigt sich die rückschreitende Metamorphose in der Vermehrung gefüllter Blumen durch Umwandlung der Staubgefäße, ja selbst auch der Griffeläste (Begonia), der kernlosen Früchte u. s. w.

Solche Wachstumsrichtungen werden allmählich erblich und zeigen sich bei den Nachkommen aller üppigen Kulturpflanzen, ohne daß die Art der Befruchtung dabei mitwirkt.

§ 47. — Welche Behandlung soll man dem reifen Samen angedeihen lassen?

Das Produkt der Befruchtung, der Same, enthält als hauptsächlichsten Bestandteil die junge Pflanze, den Embryo; derselbe ist in der Regel so weit vorgebildet, daß man ein Würzelchen (radicula) und eine Stengelspitze (plumula) unterscheiden kann. Für die Jugendernährung in den ersten Entwicklungsstadien, in denen die Wurzel noch nicht oder in beschränktem Maße in Funktion treten kann, hat die Natur in der Weise Vorsorge getroffen, daß sie dem Samen eine Menge Reservestoffe beigegeben hat, welche nur der Lösung bedürfen, um sogleich verwertbar für den Embryo zu sein. Diese Reservenährstoffe, welche in der Mehrzahl der Fälle in Form von Stärkemehl und Öl auftreten, liegen entweder in den ersten Keimblättern (Cotyledonen) selbst gespeichert, wenn der Embryo allein den Samen darstellt, oder in einem besonderen, parenchymatischen Gewebe (dem Sameneiweiß, albumen) aufgehäuft, falls der Keimling nur klein im

Verhältnis zum Samen ist. In letzterem Falle sind Einrichtungen vorhanden, welche die Zuführung der gelösten Reservestoffe zum Keimling ebenso schnell ermöglichen, als wenn dieselben in den Keimblättern selbst lägen.

Abgesehen von der wirtschaftlichen Verwendung des Samens zu Ernährungszwecken u. dergl. ist die Bestimmung desselben in der Fortentwicklung des Embryo zur vollkommenen Pflanze zu sehen. Diese Entwicklung ist in einigen Fällen bald nach der Reife des Samens erwünscht und möglich, meist aber erst nach einer größeren oder geringeren Ruheperiode statthaft. Wir haben deshalb die Pflicht, unsere Aufmerksamkeit zuerst dem ruhenden und in zweiter Reihe dem keimenden Samen zuzuwenden.

Der als vollkommen ausgereift abgeerntete Same ist keineswegs leblos. Es vollziehen sich in ihm eine Anzahl noch wenig gekannter Prozesse, die sich durch Wasser- und Kohlensäureabgabe, bisweilen unter Farbenänderung der Samenschale kenntlich machen. Auch muß man annehmen, daß während der Ruheperiode die Bildung von Fermenten vor sich geht, welche bei der Keimung die schnelle Lösung der Reservestoffe veranlassen. Es geht dies schon aus dem Umstande hervor, daß Samen von derselben Art und Ernte unter denselben Keimungsbedingungen bis zu einer gewissen Grenze um so längere Zeit zur Keimung brauchen, je weiter entfernt von der natürlichen Keimzeit sie ausgesäet werden.

Die Hauptbedingung für den Eintritt der Keimung ist die Wasserzufuhr neben Erhöhung der Wärme und des Sauerstoffzutritts. Wenn wir also Samen in der Ruheperiode gesund erhalten wollen, so müssen wir, wie bekannt, die Feuchtigkeit vermeiden. Dieselbe wirkt in um so kleineren Mengen schon störend, je höher die Wärme und je geringer die Sauerstoffzufuhr ist. „Dumpfig werden“ und schließlich Schimmeln der Samen sind die Folgen unaufmerksamer Aufbewahrung. Wenn wir die Wahl zwischen warmen, starken Temperaturschwankungen ausgesetzten und gleichmäßig kühlen Aufbewahrungsorten haben, so sind unter allen Umständen die letzteren zu wählen, ohne Rücksicht, daß vielleicht ein schwacher Frost in den Aufbewahrungsraum kommen könnte. Die meisten Samen unserer Kulturgewächse vertragen im vollkommen trockenen Zustande verhältnismäßig hohe Kältegrade. Die Vorschriften für die Aufbewahrung der Samen lassen sich zusammenfassen in die drei Worte: trocken, kühl, luftig.

Bei Betrachtung der Keimungsvorgänge können wir drei Phasen unterscheiden. Als erstes Stadium ist das der Quellung zu bezeichnen. Dieser Vorgang kann als ein mechanischer aufgefaßt werden, bei welchem (wahr-

ſcheinlich zunächſt durch Waſſerverdichtung), eine Steigerung der Temperatur zu beobachten iſt. Dieſer Waſſereinlagerungsprozeß leitet das zweite Stadium, die Mobiliſierung der Reſerveſtoffe, eine Kette chemiſcher, von Fermenten angeregter Erſcheinungen ein, und dieſe veranlaſſen den dritten Akt, den der Streckung und der weiteren geſtaltlichen Entwicklung.

Die Schnelligkeit der Keimung hängt weſentlich von der Geſchwindigkeit ab, mit der das Waſſer in die Samenſchale einzudringen vermag. Bei manchen Pflanzen ſind die Oberhautzellen oder auch darunter liegende, oftmals palliſadenartig angeordnete, ſtäbchenförmige Zelllagen der Schale ſo leicht aufquellbar, daß ſie binnen wenigen Stunden zu einer vollkommen ſchleimigen Decke werden. Man denke an die ſchleimige Beſchaffenheit der Quitten- und Birnenkerne, an Leinſamen u. dgl. In andern Fällen erweiſt ſich aber der Bau der Samenſchale ſo hart, die den Samen überziehende Cuticula ſo wenig befähigt, Waſſer durchzulaſſen, daß vollkommen geſunde Samen jahrelang im feuchten Boden liegen können, ohne zu keimen. Vielfach zu beobachten iſt dieſer Fall bei Schmetterlingsblütlern (Robinien, Klee). Von letzteren Pflanzen liegen Beobachtungen vor, daß die an der Oberfläche befindliche Stäbchenzellſchicht oder Hartſchicht der Samen, in denen der Farbſtoff ſitzt, ſo undurchdringbar für Waſſer ſich erwies, daß ſie nach jahrelangem Aufenthalt darin noch lebendig aber doch nicht gekeimt waren.

Manchmal läßt ſich der Verluſt, der durch das Nichtaufgehen eines großen Prozentſatzes der Samen entſteht, dadurch umgehen, daß man dieſelben bald nach der Reife ausſäet. Empfehlenswert iſt dies z. B. für Taxus, Ilex, Magnolia. Bei Erdbeeren kann man die Früchte an der Sonne möglichſt ſtark trocknen, darauf zwiſchen den Händen zerreiben und dann mit feiner, trockener Erde vermiſcht ſofort ausſäen. Hat man es mit ſolchen Samen zu thun, die erfahrungsgemäß lange im Boden liegen und wegen ihrer langſamen Quellbarkeit einen größeren Ausfall geben, dann empfiehlt ſich ſehr eine der Saat vorhergehende mechaniſche Behandlung. Solche Samen kann man mit feinem Sande vermiſchen und in einem Sacke reiben oder mit den Füßen treten. Verſuche mit verſchiedenen Papilionaceenſamen ergaben eine Erhöhung der Quellungsfähigkeit, welche bei einzelnen Arten 30 % überſtieg. Bei Samen mit noch härterer Schale wird die mechaniſche Behandlung noch gröber ſein müſſen. In einzelnen Fällen bei wertvollen größeren Samen kann ſogar das leichte Anſchneiden der äußeren Schichten zur Anwendung kommen.

Die Natur ſäet die Samen gleich nach der Reife aus und zwar ſolche, die eine ſteinige Schale haben und im Reifejahr nicht mehr keimen, mit

der gerade dort häufig vorkommenden fleischigen Hülle (viele Beerenfrüchte, Steinobst u. s. w.). Es ist leicht einzusehen, daß diese Hülle, welche nur langsam fault, dem Samen eine dauernd feuchte Umgebung erhält, also das starke Erhärten der Schale durch Trockenheit verhindert. Diesen Wink haben wir bei der Kultur zu beachten, indem wir, wo es angänglich ist, ebenfalls Samen mit ihrer fleischigen Hülle in den Boden bringen. In vielen Fällen ist dies aber nicht möglich, da der Same als Handelsware gereinigt und transportfähig gemacht werden muß. Wir könnten nun wenigstens die Samen im Herbst in die Erde bringen, um ihnen den Vorteil der Winterfeuchtigkeit zu teil werden zu lassen. Aber auch dieses verbietet sich vielfach, da Mäuse und andere Tiere den Samen gefährlich werden. Man benutzt deshalb als bestes Aushilfsmittel die Stratifikation.

Wir verstehen darunter das vorläufige Einschichten der Samen in Sand oder sandige Erde. Wahl der Gefäße und Aufstellung derselben hängt von den lokalen Verhältnissen ab; man kann Kästen, Körbe, Fässer, Blumentöpfe und dergl. benutzen, kann dieselben im Keller oder im Freien aufstellen u. s. w. Wesentlich ist, daß der Behälter, der die Samen aufnehmen soll, am Boden durchlöchert ist und am Grunde eine Drainage aus Scherben oder dergl. enthält, auf welche dann die erste Sandschicht in ziemlicher Dicke zu liegen kommt. Nun werden die Samen einzeln neben einander ausgebreitetet, mit Sand bedeckt, der wiederum eine Lage Samen trägt und der wiederum gedeckt wird, bis das Gefäß angefüllt ist. Die Anzahl der Schichten, welche mit Vorteil übereinander gelegt werden können, hängt von der Porosität des Einschichtungsmaterials, von der Größe der Samen und dem Aufbewahrungsorte ab. Je poröser das Material und je größer die Samen, desto mehr Schichten können übereinander gepackt werden und desto dicker kann die Deckschicht jeder Samenlage sein. Mehr als 5 cm Dicke der Sandschicht ist auch bei großen Samen nicht anzuraten und mehr als etwa 6 Samenlagen möchten auch nicht übereinander zu schichten sein, da sonst das Haupterfordernis, nämlich die gute Durchlüftung nicht immer erfüllt werden kann. Die Feuchtigkeit sei nicht zu groß, aber gleichmäßig. Die Zeit des Stratifizierens hängt von der Zeitdauer ab, die ein Same bis zur Keimung braucht. Je schneller eine Samenart keimt, desto später beginne man mit dem Einlegen, da die Keimwürzelchen bis zu dem Zeitpunkt der definitiven Aussaat ins Freie nicht zu lang sein dürfen. Beschleunigt wird die Wirkung des Stratifizierens, wenn man die Samen vorher einen Tag in Wasser legt, ebenso wenn man die Gefäße

wärmer ſtellt. Der Keller iſt im allgemeinen der beſte Ort. Wenn man ſehr bedeutende Mengen harter Sämereien, die lange liegen müſſen (Eſche, Ahorn) zur Ausſaat verwenden will, dann kann man ſich auch der Stratifikation im freien Lande in ausgeſchlagenen und gedeckten Gruben oder Haufen bedienen.

Ob friſche Samen immer ſich zur Ausſaat als die geeignetſten erweiſen, iſt eine noch offene Frage. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wird dies unbedingt zutreffend ſein, ja bei ſolchen Pflanzen, die ſchnell ihre Keimkraft verlieren (Weiden, Pappeln, Ulmen), wird es abſolut notwendig erſcheinen; aber bei manchen Gewächſen dürften Ausnahmen exiſtieren. So wird z. B. von vielen Praktikern behauptet, daß alter Gurken- und Melonenſame Pflanzen liefere, die weniger ins Kraut gingen. Erklärlich wäre der Fall; denn da man weiß, daß Pflanzen, die von Jugend auf viel Waſſer zur Verfügung haben, von derſelben Blattfläche mehr verdunſten und eine kräftigere Laubentwicklung erhalten und daß ferner durch künſtliches Dörren oder Anwelken des Saatgutes (Zwiebeln, Kartoffeln) kurztriebige, beſſer anſetzende Pflanzen erzielt werden, ſo könnte dieſer Fall bei den Cucurbitaceenſamen ebenſoleicht möglich ſein. Die Waſſerarmut im Saatgut, die künſtlich durch das Anwelken oder Dörren erzeugt wird, würde hier durch das lange Aufbewahren der Samen erzielt. Gerade bei trockner Aufbewahrung und geringer Luftzufuhr behalten die Samen ſehr lange ihre Keimkraft. Man hat z. B. beobachtet, daß Kiefernſamen, in verſchloſſenen Gläſern im Wohnzimmer aufgehoben, nach 5 Jahren noch 32 %, nach 7 Jahren 12 % keimfähige Körner zeigten. Bei derſelben Aufbewahrungsmethode hatten Rotklee nach 12 Jahren noch 10,5 %, Erbſe nach 10 Jahren noch 47,7 %, Lein nach 6 Jahren noch 49 %, nach elf Jahren noch 3 % keimfähiger Körner.

Es wird noch vielfach empfohlen, da ſich herausgeſtellt hat, daß die Zahl der langſam wachſenden, ſchwächlichen Exemplare mit dem Alter des Saatgutes zunimmt, die Keimkraft zu ſtärken durch Einlegen der Samen in Chlor- oder Salzſäurelöſungen u. dergl. Soweit Verſuche darüber vorliegen, läßt ſich eine derartige Begünſtigung nicht nachweiſen. Möglich indes iſt es, daß Samen mit einer zur Quellung ungeneigten Teſta durch manche Löſungen inſofern gefördert würden, als die äußeren Zellen der Samenſchale in ihren Membranen gelockert und zur Waſſereinlagerung geeigneter gemacht würden.

Für die zweite Phaſe der Keimung, die Löſung der Reſerveſtoffe, iſt neben dem Waſſerzutritt eine erhöhte Sauerſtoffzufuhr als Haupt-

bedingung anzusehen. Die Samen bedürfen im Notfall nicht einmal so viel Wasser zur Keimung, daß ihre Substanz bis zur Sättigung imbibiert ist; die vegetative Thätigkeit des Keimlings beginnt schon vor dieser Zeit. Bei anfänglichem Mangel an tropfbar flüssigem Wasser nimmt der Same auch aus der Atmosphäre hygroskopisch Wasser auf, verdichtet auch Wassergas auf der Oberfläche, ja nach Art der porösen Körper kondensiert er auch Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und andere Gase. Gequollener Same nimmt sogar aus der Luft verhältnismäßig mehr Sauerstoff als Stickstoff auf; dabei steigert sich die Kohlensäure-Abgabe aber in einem Maße, daß sie mehr beträgt, als der aufgenommene Sauerstoff hätte liefern können. Daraus geht hervor, daß bald nach der Quellung innere Verbrennungsvorgänge (Oxydation) sich einleiten. Bei dieser Oxydation wird Wärme frei und diese steigert wiederum die Lösung der Reservestoffe.

Das in flüssige Form umgewandelte Reservematerial findet seine Wege zum Keimling. Liegt es in den Cotyledonen, dann strömt es in den angelegten Leitsträngen in die Achse. Wenn es in einem besonderen Speichergewebe (Sameneiweiß) sich vorfindet, so zeigen sich vielfach besondere Aufsaugungsvorrichtungen. Bei unsern Getreidearten beispielsweise liegt an dem jungen Keimling eine mit ihm in der Mitte verbundene Gewebeplatte (das scutellum); diese Platte grenzt mit ihrer Rückenfläche an den Mehlkörper, dessen gelöste Substanzen von den nach Art von Saugpapillen wirkenden äußeren Zellen des Scutellum aufgenommen und dem Embryo zugeführt werden.

In dieser Periode des Keimlebens ist besonders darauf zu achten, daß kein Sauerstoffmangel und kein Überschuß an Kohlensäure entsteht. Kein Gas ist wohl der Keimung so schädlich, wie die Kohlensäure. Wenn in einer Sauerstoffatmosphäre nur einige Hundertstel Kohlensäure sich vorfinden, dann steht die Keimung bereits still.

Die meisten Fehler, die bei Aussaaten gemacht werden, laufen darauf hinaus, daß gleichzeitig mit Sauerstoffmangel auch Kohlensäureüberschuß erzeugt wird. Die Veranlassung ist entweder eine zu dicke Bodenlage über den Samen oder ein Abschluß des Sauerstoffs in der an sich nicht schädlich wirkenden Bodendecke durch fortwährende, große Nässe. Bestimmte Vorschriften über die günstigste Höhe der Samenbedeckuug lassen sich nicht geben. Je kleiner der Same und je schwerer und bündiger der Boden, desto geringer die Erdbedeckung.

Die leitenden Gesichtspunkte, nach denen jeder selbst die zusagende

Saattiefe für seine verschiedenen Sämereien wird bestimmen können, ergeben sich aus der Betrachtung, daß der Erdboden, in den wir säen, zunächst nur das Medium ist, das dem Saatgut die nötige Feuchtigkeit zum Keimen gewähren soll. In zweiter Linie und nur für die Fälle, in denen der Keimling an Ort und Stelle auch zur Fortentwicklung für längere Zeit gebracht werden soll, kommt der Erdboden in seiner Eigenschaft als Befestigungsmittel in Betracht. Bei den gärtnerischen Aussaaten von Pflanzen, die alsbald piquiert werden sollen, kann also die Samenbedeckung ganz in Wegfall kommen, wenn wir durch Bedeckung von Aussaatschalen mit einer Glasscheibe oder durch Aussaat in ein freies Beet des Warmhauses u. dgl. für hinreichende Feuchtigkeit sorgen. Etwas anderes ist es bei Freilandsaaten; hier hat man es mit den trocknenden Winden und heißen Frühjahrsperioden zu thun, welche durch Austrocknung des Samens eine vorübergehende oder dauernde Wachstumsstörung leicht veranlassen können. Gegen diese Übelstände muß man sich durch eine Bodenbedeckung schützen, die geeignet ist, der Saat die nötige Feuchtigkeit zu erhalten, ohne die Luftzufuhr abzuschneiden.

Wenn man gezwungen ist, sonnige Lagen für Saatbeete zu wählen, so erhalte man denselben die nötige Feuchtigkeit durch Bedeckung mit Reisig, lockerer Streu u. dgl., anstatt das verdunstende Wasser durch öfteres Begießen zu ersetzen. Selbst unschädliche Tieflage des Samens kann verderbliche Folgen haben, wenn der Boden durch oftmaliges Begießen und Austrocknen oder durch wiederholte Schlagregen u. s. w. eine Kruste bekommt. Solche Krustenbildung des Bodens schneidet die Luftzufuhr zu dem im regsten Stoffwechsel befindlichen Samen nahezu ab und die im Samen selbst enthaltene Binnenluft, die durchaus notwendig ist, reicht nicht aus für längere Zeit.

Wie sehr die Erhaltung der Binnenluft für die Keimung nötig ist, zeigen Versuche, in denen bei Runkelrübenknäueln unter der Luftpumpe die Binnenluft durch Wasser ersetzt worden war. Die Samen nahmen 71,13 % Wasser auf; es keimten aber jetzt nur noch 30 %, während von den zur Kontrolle aufgestellten, normalen Samen 90 % keimten. Letztere entwickelten sich auch schneller. Übrigens tritt bei erwachsenen Pflanzenteilen der Tod ebenfalls häufig ein, wenn die gewöhnlich mit Luft erfüllten Intercellularräume der Gewebe mit Wasser einige Zeit ausgefüllt bleiben, was sich durch das glasige Aussehen der Pflanzenteile kenntlich macht.

Eine nicht selten sich einstellende Störung, die namentlich empfindliche Verluste bei vorgequellten Samen hervorrufen kann, besteht in der Unter-

brechung des Keimungsprozesses durch Trockenheit. Je nach Samenart und Entwicklungsstadium des Keimlings bei Eintritt der Trockenheit, sind die Nachteile verschieden groß. Im allgemeinen scheinen die Samen der „Monocotyledonen“ weniger zu leiden als die der dicotylen Gewächse; namentlich widerstandsfähig erweisen sich die unbespelzten Cerealien (Weizen und Roggen). Empfindlicher schon sind Gerste und Hafer; sehr leicht leidet der Pferdezahnmais. Immerhin ertragen die Getreidearten die Störung immer noch besser wie Lein, Raps, Klee, Erbsen und Bohnen. Bei nach dieser Richtung hin angestellten Versuchen zeigte sich, daß selbst bei wiederholter Unterbrechung der Keimung die Cerealien sich dadurch erhielten, daß neue Adventivwurzeln gebildet wurden, nachdem die älteren abgestorben waren. Diese Fähigkeit fehlt den meisten dicotylen Keimlingen; die vertrockneten Würzelchen faulen und diese Fäulnis pflanzt sich weiter nach oben hin fort. Selbst wenn eine solche Fäulnis nicht eintritt und der Keimling sich wieder allmählich erholt, wird sich die Störung lange Zeit hindurch bemerklich machen.

Die gequollenen und wieder trocken gewordenen Samen nehmen nach erneuter Wasserzufuhr die Feuchtigkeit viel schneller auf; aber die Samenschale ist nicht mehr dieselbe, wie früher. Durch die bei der Keimung erfolgte, oftmals 100% betragende Vergrößerung des Samens war die Samenschale ungemein ausgedehnt worden. Bei der darauffolgenden Trockenheit schrumpft dieselbe und bekommt zahllose kleine Risse. Dadurch erhält der wieder befeuchtete Same viel mehr Sauerstoff und Wasser; die Umsetzung der Reservestoffe geht schneller vor sich und die reichlicher in Lösung getretenen Stoffe treten in größeren Mengen durch die Zellwände nach außen, gehen also dem jungen Pflänzchen verloren.

Wir sehen, daß das Vorquellen der Samen nur dann nützlich wirkt, wenn man imstande ist, die Saat vor starken Trockenperioden zu bewahren. Ist dies nicht möglich, so wird man geringeren Ausfall bei dem Aufgehen der Saat haben, wenn man dieselbe den natürlichen Verhältnissen überläßt. Dieselbe Regel, daß man nur dann mit reichlicher Wasserzufuhr die Vegetation beschleunigen soll, wenn man imstande ist, die erhöhte Bewässerung dauernd zu gewähren, hat auch Gültigkeit im dritten Keimungsstadium und in allen folgenden Entwicklungsphasen des Pflanzenlebens. Eine von Jugend auf reichlich bewässerte Pflanze richtet ihren ganzen Haushalt danach ein und verdunstet viel mehr als die gleichgroße Blattfläche eines mäßig bewässerten Individuums derselben Art; sie wird daher schon unter solchen Verhältnissen welken und schließlich Schaden leiden,

unter denen ein an geringere Wasseraufnahme und Transpiration gewöhntes Exemplar noch weiter gedeihen kann. Daher sehen wir üppige Rasenflächen früher ausbrennen, als magere, und üppige Topfgewächse schneller leiden, wie Mangelpflanzen.

Mehr in landwirtschaftlichen als in gärtnerischen Kreisen kommt das Verfahren zur Anwendung, bereits die Samen zu düngen, weil man meint, der Keimling würde dadurch sofort eine viel kräftigere Entwicklung annehmen. Zu diesem Zwecke bedient man sich entweder des „Kandierens" (d. h. Überziehen der Samen mit einer Nährstoffkruste) oder des Einquellens von Saatgut in eine hochkoncentrierte Nährsalzlösung. Eine solche Manipulation ist, wenn nicht geradezu schädlich, doch mindestens nutzlos. Versuche mit Rüben, die sicherlich reiche Düngung vertragen, zeigten z. B., daß schwefelsaures Ammoniak oder Kalisalz schon bei einer Koncentration von 0,5 % die Keimung sehr beeinträchtigten. Getreide und Hülsenfrüchte erwiesen sich ebensowenig dankbar gegen solche Lösungen und keimten am besten in destilliertem Wasser; nur Raps vertrug eine Lösung bis 2 %. Bei Samen, die lange im Boden liegen müssen, bevor sie aufgehen, macht sich der schädliche Einfluß des Kandierens nicht oder weniger kenntlich, weil die Regen das Dungsalz vorher besser abspülen.

Alphabetisches Register.

Abkratzen der Stämme 100. 157.
Absenken 162.
Absorption 17.
Achse, oberirdische 89.
„ „ Behandlung d. 127.
Achsenorgane, ihre Verwendung zur Vermehrung 161.
Aderlassen 156.
Adventivknospen 161.
Akaziengummi 117.
Albumin 118.
Aleuronkörner 120.
Alkaloide 31.
Aluminium, als Pflanzenbestandteil 35.
Ammoniak, als Düngemittel 51.
Ammoniak-Superphosphat, als Düngem. 51.
Amygdalin 117.
Amylodextrin 116.
Androeceum 204.
Apostrophe 105.
Arabin 117.
Arsen, als Pflanzenbestandteil 35.
Asparaginsäure 119.
Asphyxie 73.
Assimilate 91.
Assimilation 73. 103.
Astring, Schneiden auf 133.
Atemhöhlen 107.
Atmungsthätigkeit des Blattes 104
„ der Wurzel 57.
Aufästen der Stämme 140.

Baryum, als Pflanzenbestandteil 35.
Bastardbildung 233.
Bastparenchym 12.
Bestäubung 229.
Biegen d. Zweige 148.
Blatt, das 103.
„ Entwickelung d. 114.
„ die Hauptarbeitszellen d. 112.
„ als Vermehrungsorgan 192.
„ was dass. produziert 116.
Blattapparat, Behandlung dess. 190.
Blattstecklinge 192.
Blei, als Pflanzenbestandteil 35.
Blüte 204.
„ Beeinflussung ihrer Bildung 211.
„ Entstehung ders. 208.
„ Teile ders. 204.
Bluten der Pflanzen 19.
Boden, Durchlüftbarkeit d. 57.
„ Verwitterung d. 59.
Bodenskelett 37.
Bodenstetigkeit 36.
Bodenstruktur 37.
Bodenverbesserung 61.
Bor, als Pflanzenbestandteil 34.
Borkenschuppen 99.
Brache 49.
Brom, als Pflanzenbestandteil 34.

Calcium, als Düngemittel 32.
Callus 165.
Calyx 206.
Cambiform 91.
Cambium 94.
Cambiumring 90. 96.
Candieren 242.
Carpelle 205.
Carpiden 205.
Caryophylleen 210.
Cerasin 117.
Chalaza 218.
Chilisalpeter, als Düngemittel 51.

Digitized by Google

Chlor, als Düngemittel 33.
Chlorophyllkörner 17.
Chloroplasten 123.
Chromoplasten 123.
Collenchym 104.
Connectiv 205.
Corolla 206.
Cuticula 107.
Cystolithen 109.
Cytoblast 121.

Deckschichten 216.
Dextrose 117.
Diastase 117.
Dickenwachstum d. Stammes 99.
dicline Blumen 204.
Dimorphismus 230.
diöcische Pflanzen 205.
Drehen der Zweige 150.
Düngemittel, mineral. 51.
„ organ. 52.

Edelreis, Einfluß auf Wildling 185.
Eikern 217.
Eimund 217.
Einkerben 151.
Einspitzen 184.
Eisen, als Düngemittel 33.
Embryo 234.
Embryosack 218.
Emulsin 118.
Endodermis 15.
Endosperm 222.
Entspitzen 131.
Enzyme 116.
Epidermis 5. 90. 107.
Epistrophe 105.
Ernährung der Luftwurzler 70.
„ „ Topfgewächse 66.

Fascicularstrang 95.
Fasertracheïden 26.
Feinerde 37.
Fermente 116.
Fibrovasalstrang 13.
Filament 205.
Fluor, als Pflanzenbestandteil 35.
Frucht, Entstehung ders. 216.
„ Schneiden auf 136.
Fruchtbildung, beeinflußt durch das Kulturverfahren 224.
Fruchtblätter 205.
Fruchtknoten 206. 216.
Fruchtkuchen 135.
Fruchtzucker 117.

Gefäße (Wurzel-) 10.
Gefäßbündel 10.
Gerbstoffe 118.
Germen 216.
Gemmula 206.
Gießen, Theorie d. 195.
Gipsen der Äcker 66.
Globoide 120.
Glycose 117.
Glycoside 117.
Griffel 216.
Grünästung 141.
Gründüngung 64.
Gynäceum 204.

Haarbekleidung 111.
Haarröhrchen-Anziehung 20.
Hadrom 28. 93.
Hakenschnitt 134.
Hartbastfasern 91.
Harze 118.
Hautsystem 111.
Heilungsprozeß d. Wunden 142.
Heliotropismus 104.
Herbstschnitt 132.
hermaphroditische Blüte 204.
Heterostylie 230.
Hoftüpfel 21.
Holz, Schneiden auf 136.
Holzfaserzellen 90.
Holzkörper 90.
Holzparenchym 12.
Holzzellen 10.
Hydrotropismus 88.
Hypochlorin 124.

Digitized by Google

Jaminsche Kette 20.
integumenta 216.
Intercellularräume 74. 107.
Invertin 117.
Invertzucker 117.
Jod, als Pflanzenbestandteil 34.

Kainit, als Düngemittel 39.
Kali, als Düngemittel 51.
Kalium, als Pflanzennährstoff 31. 39.
Kalk, als Düngemittel 52.
Kalk, oxalsaurer in Pflanzen 125.
Kalken d. Äcker 64.
Kapillarität 20.
Keimen d. Samens 235.
Kernkörperchen 16.
Kernwarze 218.
Kieselsäure, als Pflanzenbestandteil 34.
Kirschgummi 117.
Knochenmehl, als Düngemittel 51.
Kochsalzdüngung 52.
Kohlenhydrate 31.
Kohlenstoff 30.
Kopulieren 180.
Kopulieren, seitl. 183.
Kreideboden 62.
Krümelung d. Bodens 60.
Kupfer, als Pflanzenbestandteil 35.

Laevulose 117.
Laub, Entfernen d. u. s. Wirkung 191.
Laubkörper, Wirkung v. dessen Verletzung 191.
Leitbündel 10.
Lenticellen 74. 111.
Leptom 14. 93.
Leucoplasten 123.
Libriform 12.
Libriformfasern 90.
Lithium, als Pflanzenbestandteil 35.
Luftwurzler, Ernährung ders. 70.
Lumen 16.

Magnesium, als Pflanzennährstoff 32.
Mark 90.
Markstrahlen 90.
Membran 10. 21.
Membrandiffusion 18.
Mergelboden 62.
Mergeln d. Äcker 65.
Meristem 7. 96.
Mesophyll 107.
Mestomstränge 13.
Micellarinterstitien 6. 18.
Micropyle 217.
Mikrosomen 122.
Mondringe 141.
monöcische Gewächse 205.
Mycorhiza 43.
Myrosin 118.

Nährstoffe, Ersatz ders. 49.
„ der Wurzel 30.
Narbe 216.
Natrium, als Pflanzenbestandteil 33.
Natronsalpeter, als Düngemittel 51.
Nucleus 16. 121.

Oktoberschnitt 132.
Okulieren 175.

Palisadenparenchym 113.
Parasiten 42.
Parenchym 12. 103.
Parenchymzelle 103.
Pectinstoffe 117.
Pepsin 117.
Perianthium 204.
Periblem 208.
Pericambium 15.
Perigon 207.
Permeabilität 58.
Peruguano, als Düngemittel 52.
Propfen, engl. 180.
„ in den Spalt 181.
Phloëmstrahl 95.
Phloëmteil 13.
Phosphor, als Pflanzennährstoff 31.
Phosphorsäure, als Düngemittel 40. 51.
Pilze 42.
Pilzwurzel 43.
Pincement Grin 190.

Pincieren 131.
Placenta 288.
Pneumathoden 75.
Pollen 205.
Poren, gehöfte 21.
Primordialschlauch 19. 105.
Prosenchym 12.
Prosenchymzellen 103.
Protandrische Pflanzen 229.
Proteïnkörner 120.
Proteïnkrystalle 119.
Protogynische Blüten 229.
Protoplasma 16.
Proventivknospen 161.

Raupenfraß 191.
Rindendruck 99.
Rindenporen 74. 111.
Ringeln 152.
Rohammoniak-Superphosphat, als Düngemittel 52.
Rohphosphate, als Düngemittel 51.
Rubidium, als Pflanzenbestandteil 35.

Salpeterdüngung 52.
Same, Ausbildung dess. 229.
„ Behandlung des reifen 234.
„ Düngung d. 242.
„ Entstehung dess. 216.
Sameneiweiß 222.
Samenknospen 206.
Samenleiste 218.
Samenschale 222.
Sandboden 61.
Saprophyten 42.
Sauerstoff 30.
Sauerstoffstarre 73.
Säurechlorophyll 124.
Schälen d. Stämme 154.
Schließzellen 108.
Schneiden auf Astring 133.
„ „ Frucht 136.
„ „ Holz 132. 136.
„ „ Zapfen 133.
Schnitt, kurzer 136.
„ langer 137.
Schnitt, Hilfsmittel zur Unterstützung der Wirkung d. 148.
Schnitt, schädl. Wirkung d. 139.
„ d. oberird. Achse 129.
„ z. Regulierung d. Krone 136.
Schnittwunden 128.
Schröpfen 100. 156.
Schutzscheide 15.
Schwammgewebe 75.
Schwammparenchym 113.
Schwefel, als Pflanzennährstoff 31.
Schwellgewebe 101.
Sclerenchym 103.
Selbstbestäubung 229.
Siebgefäße 12.
Siebröhren 91.
Siebzellen 12.
Silicium, als Pflanzenbestandteil 34.
Sommerschnitt 130.
Spaltöffnungen 74. 107.
Sphärokrystalle 113.
Splint 99.
Spongiola 7.
Spreublätter 211.
Stalldünger 53. 63.
Stammapparat, Funktionierung d. 100.
Stämme, Abkratzen d. 157.
„ Schälen d. 154.
„ Vermooste 100.
Stärkescheide 17.
Staubblätter 205.
Stecklingsvermehrung 164.
Steinzellen 97.
Stereom 91.
Sterilität 234.
Stickstoff 31. 40.
Stigma 216.
Stomata 74. 107.
Stratifikation 237.
Strontium, als Pflanzenbestandteil 35.
Stylus 216.
Superphosphate, als Düngemittel 51.

Testa 222.
Thomasschlacke 52.
Thonboden 63.

Digitized by Google

Thyllenbildung 27. 129.
Topfgewächse, Ernährung derſ. 66.
„ Wurzelbehandl. b. Verpfl. 81.
Tracheen 12.
Tracheïden 12.
Tranſpiration d. Pflanze 110.
Traubenzucker 117.
Trichome 111.
Trimethylamin 120.
Trophoplaſten 123.
Trophotropismus 88.
Tüpfel, gehöfte 12. 24.
Turgescenz 19.
Turgor 27.

Armeriſtem 114.

Vacuolen 17. 120.
Veredlung, die 175.
Verholzung 11.
Vermehrung durch Ableger 162.
„ „ Achſenorgane 161.
„ „ d. Blatt 191.
„ „ Stecklinge 164.
„ „ Wurzelſtücke 161.

Waſſerkapacität 38.
Waſſerporen 111.
Waſſerſtoff 30.
Weichbaſt 13.
Wildling, Einfl. auf Edelreis 185.
Winterſchnitt 131.
Wunden, Heilungsprozeß d. 142.
Wundfäule 128.
Wurzel, Atmung derſ. 57.
„ Aufwärtswachſen derſ. 75.
„ (Erd-), ihr Luftbedürfnis 73.
Wurzel, Nährſtoff im Boden 37.
Wurzelbau 4.
Wurzelbehandlung 76.
„ b. Verpfl. d. Topfgewächſe 81.
„ b. Umſetzen der Freiland-pflanzen 81.
Wurzeldruck 19.
Wurzelernährung 29.
Wurzelhaar 5.
Wurzelhaube 7.
Wurzelknöllchen der Leguminoſen 45.
Wurzelkörper, Aufnahmeſyſtem d. 4.
„ Leitungsſyſtem d. 10.
„ Leitungsvorgang 15.
Wurzelſpitze 7.
„ Erhalten derſ. 10.
Wurzelſtecklinge 174.

Xanthophyll 124.
Xylemſtrahl 95.
Xylemteil 13.

Zapfen, Schneiden auf 133.
Zauberring, pomol. 153.
Zellen d. Blattes 112.
„ d. Wurzel 16.
Zellkern 16. 121.
Zellumen 105.
Zellmembran, Verdickungsprozeß derſ. 21.
Zink, als Pflanzenbeſtandteil 35.
Zuckerſcheide 17.
Zungenpfropfen 180.
Zweige, Biegen d. 148.
„ Drehen d. 150.
„ Einbrechen d. 151.
Zweigokulation 183.
Zwitterblüte 204.

Verlag von Eugen Ulmer in Stuttgart.

Die Krankheiten und Beschädigungen unserer landwirtschaftl. Kulturpflanzen. (Getreide, Hülsenfrüchte, Futter-Gräser und Kräuter, Wurzelgewächse, Handelsgewächse, Gemüse- und Küchenpflanzen, Obstbäume, Beerenobstgewächse, Weinstock.) Eine Anleitung zu ihrer Erkennung und Bekämpfung für Landwirte, Gärtner etc. Von Dr. **Oskar Kirchner**, Professor der Botanik an der Kgl. württ. landw. Akademie Hohenheim. Preis brosch. M. 9.—, eleg. in Halbfr. geb. M. 10.20.

Ein für Betaulker, Gärtner, Landwirte u. s. w. unentbehrliches Buch, weil es zum ersten Mal eine solche Darstellnug der Krankheiten und Beschädigungen unserer sämtlichen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen (also auch der Gemüse- und Küchenpflanzen, der Obstbäume, Beerenobstgewächse und des Weinstockes) giebt, dass der Praktiker mit Hilfe desselben sich leicht zurechtfinden und ihm noch unbekannte Pflanzenkrankheiten auffinden kann. Das Werk enthält nemlich den Stoff nicht nach der Reihenfolge der Krankheitsursachen angeordnet, was bei den bisher erschienenen Handbüchern der Fall war und das Auffinden der jeweilen vorliegenden Beschädigungen ungemein erschwerte, sondern es behandelt jede Pflanzenart für sich und beschreibt die an den einzelnen Organen beobachteten Krankheiten in solch übersichtlicher Gruppierung, dass das Erkennen der untersuchten Schädigungen möglichst leicht und rasch gelingt. Bei jeder Krankheit sind kurz ihre Kennzeichen, Benennung und Ursachen, sowie die zur Verhütung oder Bekämpfung geeigneten Maßregeln angegeben.

Die europäischen und überseeischen Alpenpflanzen. Zugleich eine Anleitung zur Pflege der Alpinen in den Gärten. Unter Mitwirkung der mit dem Sammeln und der Pflege dieser Gewächse im Kgl. botan. Garten in München seit Jahren betrauten Alpenpflanzenzüchter Job. Obrist und Joh. Kellerer herausg. von Max Kolb, kgl. Oberinsp. a. bot. Garten in München Preis brosch. M. 8.—. Eleg. in Lwd. geb. M. 9.—.

Dieses Werk giebt Gärtnern und Gartenfreunden eingehende Anweisung, wie die Pflege der Alpenpflanzen gehandhabt werden muss, um bei der Kultur derselben nicht nur vor den vielen Misserfolgen, mit welchen sie seither so häufig begleitet war, geschützt zu werden, sondern auch um diese prächtigen Pflanzen in unseren Gärten wirklich heimisch zu machen.

Illustriertes Handbuch der Kakteenkunde. Enthaltend das Wissenswerteste über die Kultur, die Gattungsnamen und Spielarten der Kakteen und anderer Sukkulenten. Von A. Danl. Mit 132 Abbildungen. Preis broschiert M. 3.60. Eleg. kartoniert mit Leinwandrücken M. 3.90.

Diese Schrift enthält eine Aufzählung und Beschreibung aller wichtigeren Kaktus-Arten (Anhalonien, Cereen, Echinokakteen, Echinocereen, Echinopsen, Epiphyllen, Mamillarien, Melokakteen, Opuntien, Pelecyphoren, Pereskien, Phyllokakteen, Pilocereen, Rhipsalideu) mit eingehenden Angaben über Pflege, Fortpflanzung, Vermehrung und Verwendung derselben. Zur Veranschaulichung der überaus grotesken Formen dieser Pflanzen dienen die dem Buche beigegebenen 132 getreu nach der Natur gezeichneten Abbildungen. An weiteren Sukkulenten finden in dem Buche noch Besprechung: Agaven, Aloen, Euphorbien, Mesembrianthemum, Sedum, Stapelia, Yucca's u. s. w.

Botanische Wörterbücher für Gärtner u. Gartenfreunde.

Wörterbuch der botanischen Kunstsprache für Gärtner, Gartenfreunde und Gartenbauzöglinge. Von Karl Salomon. Zweite, vermehrte Auflage. Preis eleg. in Leinwand gebunden M. 1.—

Wörterbuch der botanischen Gattungsnamen mit Angabe der natürlichen Familie, der Artenzahl, der geographischen Verbreitung und den Zeichen der Dauer. Von Karl Salomon, Kgl. Garteninspektor in Würzburg. Elegant in Leinwand gebunden M. 2.50.

Wörterbuch der deutschen Pflanzennamen, besonders der im Volksmunde gebräuchlichen Benennungen wichtiger heimischer, wie fremder Gewächse mit Beifügung der botan. Namen. Von Karl Salomon. Eleg. in Leinwand gebunden M. 1.50.

89101309102

b89101309102a

TE DUF

TRANSFERRED TO
MEMORIAL LIBRARY
STACKS

LIBRARY

DEMCO

B89101309102